

Graduado en Ingeniería Informática

Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de
Ingenieros Informáticos

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema para el análisis del consumo eléctrico y
optimización en la contratación del suministro

Autor: Giulio Burga Picardo

Tutor académico: Ángel Rodríguez Martínez de Bartolomé

Tutor Profesional: Rocío Martínez García

MADRID, JUNIO 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mis tutores del proyecto Rocío Martínez y Ángel Rodríguez por la dirección, ayuda y tiempo dedicado durante todo el proceso de este proyecto.

Agradecer también a todos mis compañeros de la universidad con los que he compartido las pequeñas derrotas y las grandes victorias que nos ha dado la carrera.

Por último agradecer al CeDInt por dejarme trabajar con sus dispositivos desarrollados y a su grupo de Eficiencia Energética con los que he trabajado durante todo el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres que gracias a su esfuerzo y dedicación han hecho que yo pueda llegar a cursar mi carrera, a mi hermana por enseñarme a sonreír a pesar de las adversidades de la vida y a mi novia por ser mi motor en estos últimos años de carrera.

En especial se lo dedico a mi madre que a lo largo de toda mi vida siempre me ha mostrado su afecto y su apoyo incondicional.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Motivación	1
1.2	Funcionalidades generales	2
1.3	Objetivos del trabajo	2
2	TRABAJO PREVIO	3
2.1	Tipos de contratación en el sector eléctrico español.....	3
2.1.1	Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC).....	3
2.1.2	Precio Fijo Anual.....	6
2.1.3	Contrato Bilateral	7
2.2	Tipos de tarifa de acceso a la electricidad	7
2.2.1	Tarifa de acceso 2.0A o general	7
2.2.2	Tarifa de acceso 2.0DHA o nocturna	7
2.2.3	Tarifa de acceso 2.0DHS o vehículo	7
3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	8
3.1	Datos de entrada del sistema.....	8
3.1.1	Medidas de consumo eléctrico	8
3.1.2	Precios diarios y peajes.....	8
3.1.3	Datos de formulario	9
3.2	Datos de salida del sistema	9
3.2.1	Alertas.....	9
3.2.2	Medidas de consumo para gráficas.....	9
3.2.3	Coste del consumo eléctrico	9
4	ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	10
4.1	Módulo de Obtención del PVPC	10
4.1.1	PVPC con contador inteligente.....	11
4.1.2	PVPC sin contador inteligente.....	14
4.1.3	Algoritmo	16
4.2	Módulo para el Cálculo del PVPC.....	17
4.3	Módulo para el cálculo de medidas	18
4.3.1	Servicio para calcular las medidas de consumo	19
4.3.2	Servicio para calcular medias de medidas	20
4.3.3	Servicio para la monitorización del consumo.....	21
4.4	Módulo Generador de Alertas.....	22
4.4.1	Componentes	23

4.4.2	Características y propiedades de los componentes.....	24
4.4.3	Conceptos derivados de los componentes	24
4.4.4	Algoritmo	26
5	APLICACIÓN WEB.....	30
5.1	Diseño y Desarrollo de la interfaz web.....	30
5.1.1	Pantalla de Formulario	30
5.1.2	Pantalla de medidas	31
5.1.3	Pantalla de configuración de alertas	40
6	Resultados obtenidos.....	43
6.1	Caso 1: Consumo	43
6.2	Caso 2: Potencia.....	44
6.3	Caso 3: Alertas.....	45
7	TRABAJO FUTURO Y POSIBLES MEJORAS	47
8	CONCLUSIONES	49
9	ANEXOS.....	50
9.1	ANEXO A: BAT-METER MONOFÁSICO	50
9.2	ANEXO B: BAT-PLUG	52
9.3	ANEXO C: BAT-LINK.....	54
10	BIBLIOGRAFÍA	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del Sistema	10
Figura 2. Método de descarga del término de facturación en la web de REE.....	11
Figura 3. Gráfica del precio del término de energía activa del PVPC en la web de REE.	12
Figura 4. Llamada REST para obtener costes de energía de las tres tarifas cuando contador inteligente	13
Figura 5. Llamada al servicio REST con POSTMAN.....	13
Figura 6. Método de obtención del término de facturación de energía del PVPC sin contador inteligente	14
Figura 7. Llamada REST para obtener costes de energía de las tres tarifas cuando no contador inteligente	14
Figura 8. Intervalo de comprobación.....	26
Figura 9. Pantalla de formulario	31
Figura 10. Configurador de gráficas.....	31
Figura 11. Selector de parámetro.....	32
Figura 12. Selector de periodo.....	32
Figura 13. Selector de fecha para día	33
Figura 14. Selector de fecha para semana	33
Figura 15. Selector de fecha para mes	33
Figura 16. Selector de fecha para año.....	34
Figura 17. Selector de fechas para para dos fechas cualesquiera	34
Figura 18. Selector de intervalo.....	35
Figura 19. Gráfica de consumo por horas en un día.....	35
Figura 20. Gráfica de consumo por días en una semana	36
Figura 21. Gráfica de consumo por días en un mes	36
Figura 22. Gráfica de consumo por meses de un año.....	37
Figura 23. Gráfica de consumo por días entre dos fechas	37
Figura 24. Gráfica de potencia de un día.....	38
Figura 25. Gráficas de corriente de un día	38
Figura 26. Gráfica de voltaje de un día	39
Figura 27. Exportación de gráfica	39
Figura 28. Tabla de consumos totales	40
Figura 29. Vista de la tabla de consumos con gráfica y configurador.....	40
Figura 30. Pantalla para la configuración de alertas.....	41
Figura 31. Notificación de alertas en gráfica.....	41
Figura 32. Notificación de alerta en cuenta de correo electrónico	42
Figura 33. Consumo de la cocina	43
Figura 34. Consumo de la cocina	43
Figura 35. Análisis de la gráfica de potencia.....	44
Figura 36. Análisis de la potencia de un horno	44
Figura 37. Ciclos de potencia de una nevera	45
Figura 38. Configuración de alerta para detectar consumo	45
Figura 39. Alerta de consumo generada	46
Figura 40. Descripción de la alerta de consumo generada	46

Figura 41. Mensaje de alerta del sistema recibida en correo electrónico	46
Figura 42. BAT-Meter.....	50
Figura 43. BAT-Plug	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Periodos para la tarifa de acceso 2.0 DHA o nocturna.....	7
Tabla 2. Periodos para la tarifa de acceso 2.0 DHS o vehículo.....	7

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca en el ámbito de la eficiencia energética y contempla la gestión del consumo eléctrico en hogares. Concretamente, para este proyecto fin de grado se propone el desarrollo de un sistema informático que permita el análisis y monitorización del consumo eléctrico y optimización en la contratación del suministro eléctrico en el hogar.

El sistema desarrollado permite la monitorización del consumo eléctrico, expresado en kilovatios-hora (kWh), y la monitorización del coste real de dicho consumo, expresado en euros, en función del tipo de tarifa que se tenga contratada en la modalidad del PVPC¹ (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor).

También se ha desarrollado una interfaz web a través de la cual el usuario tiene acceso a la información y datos del sistema. En dicha web se muestran gráficas de consumo, potencia, voltaje, corriente y coste de la energía por días. Además, se ha dotado al sistema de un generador de alertas que notifica al usuario, vía web y vía correo electrónico, cuando el consumo sobrepasa los límites fijados por él mismo. El usuario, por tanto, podrá definir los valores de alerta de sobreconsumo y visualizar tanto un histórico de las alertas generadas en el pasado como las alertas activas en ese momento. Las alertas se muestran en la gráfica correspondiente dentro de la aplicación web.

Por último, se dispone de la opción de exportar las gráficas que son visualizadas en la aplicación web en formato PNG, JPEG, PDF y SVG, además de la posibilidad de imprimirla.

¹ Con la entrada en vigor de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, se establecen diversos cambios en la terminología empleada hasta la fecha. Así, desde el 1 de febrero de 2014, se aplica el Precio Voluntario para el Consumidor (PVPC), anteriormente TUR (Tarifa de Último Recurso).

ABSTRACT

This project belongs to the Energy Efficiency field and is aimed at home energy management. Specifically, for this thesis the development of a computer system that allows monitoring and analysis of energy consumption and contracted power optimization is proposed. The developed system allows energy consumption management within households (expressed in kilowatts per hour, kWh) and real cost monitoring (in euros) according to the contract tariff.

A web interface has been developed in order to provide the user with power consumption information and control energy tools. In this web application, electric consumption, power, voltage, current and energy cost by day are shown. Besides, an alert generation system has been implemented so that the user can define maximum power consumption values and be informed through email or web when these values are exceeded. The user will be able to check older power alerts as well as the currently active ones. These alerts are shown in a specific graph within the web application. Finally, the user generated graphs can be exported from the web using PNG, JPEG, PDF or SVG image formats as well as be printed from the web.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

La infraestructura eléctrica actual, no permite la lectura del consumo eléctrico ni la ejecución de operaciones de forma remota. Tampoco se puede conocer en tiempo real el coste asociado a un consumo que se está produciendo en un determinado momento.

El periodo de facturación habitual es de dos meses aproximadamente. Toda la información que recibe el usuario acerca de su consumo se limita a una factura expedida con dicha periodicidad, en la que figuran datos como el consumo medio mensual y el total consumido en ese periodo, tanto en kWh como en euros. No hace, sin embargo, referencia alguna a qué sistemas o equipos se debe principalmente el consumo, ni el momento del día en que se produce. El usuario, por tanto, no tiene información útil que le permita actuar consecuentemente para optimizar su consumo y conseguir ser más eficiente.

Según la Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre se establece la sustitución de los equipos de medida o contadores eléctricos analógicos por los digitales, con capacidad de telemedida y telegestión. El plazo máximo establecido para llevar a cabo tal sustitución tiene como fecha 31 de diciembre de 2018. A partir de esa fecha todos los suministros en el territorio nacional poseerán el nuevo equipo de medición.

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación son de vital importancia para la implantación de la nueva red eléctrica inteligente, ya que permitirán desarrollar aplicaciones que exploten al máximo la información obtenida de los Smart Meters. Esto permitirá a las eléctricas una gestión más eficiente de la energía en lo que a producción y distribución se refiere, así como a las posibilidades de facturación. Los usuarios finales, por su parte, tendrán un mayor control sobre su consumo.

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como finalidad el desarrollo e implementación de un sistema informático que permite analizar los datos obtenidos de los medidores inteligentes de consumo y proporcionar al usuario final de una vivienda información útil que le permita mejorar su consumo. Para ello se aplicarán gran parte de los conocimientos informáticos aprendidos a lo largo de la carrera y un estudio de las actuales tarifas eléctricas.

El sistema desarrollado permite conocer el consumo y su coste en tiempo real, así como notificar sobreconsumos o gastos indeseados.

Así también, se proporciona una interfaz web, diseñada y desarrollada para que pueda ser utilizada por cualquier tipo de usuario independientemente de la formación técnica o conocimientos que éste tenga. La interfaz web se ha diseñado con el menor número de elementos posibles que aporten claridad para su utilización.

Para concluir, otras ventajas que proporciona el sistema son: la centralización de las consultas de datos históricos de medición que ha obtenido el sistema a lo largo del tiempo, visualización de graficas de consumo, consulta de precios y coste por horas de la energía según el mercado eléctrico. Todo ello en un único sistema.

1.2 Funcionalidades generales

Las funcionalidades del sistema se resumen a continuación:

- Monitorización del consumo eléctrico, expresado en kilovatios-hora (kWh) y en euros, en función del tipo de contratación existente entre la empresa eléctrica comercializadora y el consumidor.
- Notificación de valores elevados del consumo, potencia y coste (cálculo dependiendo de la tarifa contratada).
- Generación de informes y consulta de históricos de consumo.
- Comparación entre las diferentes tarifas del PVPC del suministro eléctrico para el sector residencial.
- Sugerencia para el cambio de tarifa o posibilidad de bajar o subir un tramo la potencia contratada.

Además se ha desarrollado una interfaz web con el fin de que toda la información sea accesible para el usuario final.

Por último, el sistema se ha probado en un entorno real, en la Sala de Demostraciones del Centro de Domótica Integral (CeDInt) de la Universidad Politécnica de Madrid, donde para la obtención de medidas de consumo eléctrico se han empleado dispositivos basados en la tecnología 6LoWPAN desarrollados por el grupo de Eficiencia Energética de CeDInt.

1.3 Objetivos del trabajo

Los objetivos generales del proyecto son los siguientes:

- Diseñar e implementar un interfaz de usuario que permita al usuario introducir sus datos (perfil y preferencias) y visualizar de forma interactiva los datos de consumo.
- Diseñar e implementar el proceso de obtención de los valores de consumo a partir del dispositivo de medida, que se utilizarán para las gráficas de monitorización y el cálculo del coste del consumo según las diferentes tarifas.
- Diseñar e implementar el algoritmo de análisis de consumo eléctrico para la selección de la tarifa más ventajosa en cada caso.
- Desarrollar un servicio REST para la visualización de los resultados del análisis energético. Esto es así para que los servicios del sistema sean accesibles a través de una aplicación web, que también ha sido diseñada y desarrollada en el proyecto.

A lo largo de la memoria se explican los pasos seguidos para la realización del proyecto. Primero, para tener un conocimiento del funcionamiento de las tarifas y del mercado eléctrico se realizaron unas investigaciones previas que se resumen en el apartado “Trabajo Previo”. A continuación, se da una visión global del sistema con los elementos que se precisan para su ejecución correcta y las salidas que generan. La explicación de todos los módulos que conforman el sistema se encuentra en el apartado de “Arquitectura del Sistema”. Más adelante, se muestra la aplicación web desarrollada para la comunicación con el sistema. Se explica tanto el proceso de diseño y desarrollo de toda la aplicación web. Por último, se muestran los resultados obtenidos y se aportan ideas para futuras mejoras y trabajos futuros.

2 TRABAJO PREVIO

Previo al desarrollo del sistema, se ha realizado un estudio de los contratos y tipos de tarificación existentes en el sector eléctrico español actual, para entender su funcionamiento y conocer los costes y cálculos asociados en la tarificación de las facturas eléctricas, tanto peajes e impuestos establecidos por el Gobierno como por las empresas comercializadoras de electricidad. Así también se han requerido conocimientos básicos sobre electricidad y magnitudes asociadas de tensión, potencia y energía, como los voltios, vatios y vatios-hora.

Entender varios de estos aspectos es fundamental para el desarrollo y toma de decisiones referentes al proyecto, por ello se incluye a continuación un resumen de los puntos más importantes.

2.1 Tipos de contratación en el sector eléctrico español

Actualmente existen tres tipos diferenciados de contratación del suministro eléctrico: precio voluntario para el pequeño consumidor, precio fijo anual y contratación bilateral con cualquier comercializadora en el mercado libre.

2.1.1 Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC)

El PVPC se introduce con la entrada en vigor de la ley 24/2013, de 26 de Diciembre, con aplicación a todo el territorio nacional y posteriormente en el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo. Se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.

Anteriormente, el coste de producción se estimaba aplicando el cálculo que se establece en el Real Decreto 485/2009, 3 de abril, y en la Orden ITC/1659/2009, de 22 de junio, para ello se tomaba como referencia el resultado de las denominadas subastas CESUR (Contratos de Energía para el Suministro de Último Recurso), para el cálculo de la tarifa de último recurso (TUR). Las subastas CESUR se encuentran reguladas en el Orden ITC/1601/2010, de 11 de junio.

La Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) invalidó la última subasta CESUR, realizada el 19 de diciembre de 2013, alegando “circunstancias atípicas” en su celebración.

El Precio Voluntario al Pequeño Consumidor sustituye a las Tarifas de Último Recurso y es de aplicación a consumidores con una contratación de potencia hasta 10 kW. Así pues, el Real Decreto 216/2014 determina que el coste de producción eléctrica se realiza con base al precio horario del mercado diario durante el periodo de facturación de cada consumidor.

La facturación se realiza con el comercializador de referencia correspondiente, efectuando lecturas reales (se entiende por lectura real a la lectura que se hace físicamente al contador de cada suministro) o considerando los valores horarios de consumo para los consumidores que cuenten con equipos con capacidad de telemedida y telegestión. Los precios voluntarios para el pequeño consumidor están sujetos a peajes de acceso, pudiendo ser modificados por el Gobierno.

Un comercializador de referencia es el que puede ofertar y, por tanto, facturar la tarifa PVPC. Las principales condiciones que tiene que cumplir una compañía eléctrica para

ejercer como comercializadora de referencia, en una comunidad autónoma, es que la compañía tenga más de 50 000 clientes y al menos un 10% de los suministros totales.

Actualmente existen 5 comercializadoras de referencia, las cuales pueden ofertar el PVPC, y son:

- a) Endesa Energía XXI, S.L.U.
- b) Iberdrola Comercialización de Último Recurso, S.A.U.
- c) Gas natural S.U.R. SDG, S.A.
- d) E.ON Comercializadora de Último Recurso, S.L.
- e) EDP Comercializadora de Último de Recurso, S.A.

2.1.1.1 Características principales del PVPC

- A menos que el consumidor manifieste lo contrario, la modalidad de contratación con el comercializador será a precio voluntario del pequeño consumidor.
- Si el consumidor decide alquilar a la empresa distribuidora el equipo de medida se le facturará su precio establecido.
- Para cada categoría de consumo se aplicará los impuestos correspondientes
- Los contratos PVPC tendrá una duración anual y su renovación será automática, a menos que el consumidor decida una nueva contratación. La comercializadora se encargará de notificar al cliente dicha renovación con una antelación mínima de dos meses.
- El consumidor podrá cambiar de comercializadora o de contrato según crea conveniente antes de la finalización de su contrato actual. Dicho cambio tendrá una duración máxima de 21 días, en caso de no precisar modificaciones sobre las instalaciones el plazo máximo será de 15 días.
- El comercializador de referencia es el que realiza la facturación al consumidor.
- Se procederá a realizar una lectura real si no se cuenta con un equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión. En caso contrario, se considerará los valores horarios de consumo.
- La lectura de los equipos de medida se realiza con una periodicidad bimestral. En caso de que el consumidor disponga de equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión la lectura será mensual. La periodicidad de lectura es la que marca la periodicidad de facturación. (Real Decreto 1718/2012, de 28 de diciembre)

Para el cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor se incluyen: el coste de producción de energía eléctrica con base en el precio horario de los mercados diario e intradiario durante el periodo correspondiente a la facturación, los peajes de acceso y los costes de comercialización.

2.1.1.2 Términos utilizados para el cálculo del PVPC

Se determina a partir del peaje de acceso asociado a cada punto de suministro, además de término de potencia, término de energía del peaje de acceso, término correspondiente al coste horario de la energía y, en su caso, un término de la energía reactiva.

a) Término de Potencia del PVPC

El término de potencia, TPU , expresado en euros/kW y año, es la suma del término de potencia del peaje de acceso y cargos de aplicación al suministro, TPA , expresado en euros/kW más el margen de comercialización, expresado también en euros/kW año, MCF. Este último término es fijado por el Ministro de Industria, Energía y Turismo.

$$TPU = TPA + MCF$$

b) Término de Energía del PVPC

El término de energía en un periodo tarifario p , $TEUp$, expresado en euros /kWh, es igual al término de energía del peaje de acceso y cargos en el periodo tarifario p , $TEAp$, expresado en euros /kWh.

$$TEUp = TEA$$

c) Término de coste horario de energía del PVPC

El término de coste horario de energía en cada hora, expresado en euros/kWh, $TCUh$, será igual a la suma del término de coste de producción de la energía suministrada en cada hora, expresado en euros/kWh, CPh .

$$TCUh = (1 + PERDh) \times CPh$$

Siendo:

$PERDh$: Coeficiente de pérdidas del peaje de acceso de aplicación al suministro en la hora h .

En los términos descritos anteriormente no se incluye los impuestos.

Por otro lado, Red Eléctrica de España S.A. (REE), operador del sistema, es el encargado de publicar en su página web el coste horario de la energía a tarificar por las comercializadoras, para las 24 horas del día siguiente.

Es necesario aclarar que la energía reactiva no se tendrá en cuenta en el sistema al ser un factor más complicado de detectar por los dispositivos y por su complejidad en su cálculo.

2.1.1.3 Cálculo de PVPC

El precio a facturar para PVPC se calcula sumando los siguientes componentes:

a) Término de facturación de potencia (FPU)

Expresado en euros por año se obtiene multiplicando el término de potencia de PVPC, TPU , expresada en euros/kW año, por la potencia contratada, Pot , expresada en kW.

$$FPU = TPU \times Pot$$

b) Término de facturación de energía activa (FEU)

FEU , expresado euros, para el periodo de facturación se calcula según el equipo de medida que el consumidor tenga instalado.

- Con equipo de telemedida y telegestión: la fórmula a usar será la siguiente

$$FEU = \sum_{p \in \text{periodo de facturación}} \left[(Ep * TEUp) + \sum_{h \in p} (Eph * TCUh) \right]$$

Siendo:

Ep = Energía consumida en el período tarifario p expresada en kWh.

Eph = Energía consumida en la hora h del período tarifario p , expresada en kWh.

$TEUp$ = Precio del término de energía del precio voluntario para el pequeño consumidor del período tarifario p , expresado en euros/ kWh.

$TCUh$ = Precio del término de coste horario de energía del precio voluntario para el pequeño consumidor, en cada hora h , expresado en euros/ kWh.

- Sin equipo de telemedida y telegestión

$$FEU = \sum_{p \in \text{periodo de facturación}} Ep * \left[TEUp + \frac{\sum_{h \in p} (TCUh * ch)}{\sum_{h \in p} ch} \right]$$

Siendo:

ch : Coeficiente horario del perfil de consumo ajustado de la hora h de aplicación al suministro a efectos de facturación del precio voluntario para el pequeño consumidor. Este coeficiente es calculado por el operador del sistema.

Además, para los suministros que no cuenten con equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión el operador del sistema publica el siguiente término en el que se incluye el peaje de acceso para cada uno de los periodos tarifarios:

$$TEUp + \frac{\sum_{h \in p} (TCUh * ch)}{\sum_{h \in p} ch}$$

2.1.2 Precio Fijo Anual

En contraposición al PVPC, el consumidor puede optar a tener un precio fijo de suministro anual ofertado por la comercializadora de referencia pero con un mayor coste del aseguramiento que el PVPC. Dichas comercializadoras tendrá la obligación de mantener una única oferta vigente y no se incluirán productos o servicios adicionales.

El precio fijo anual marcado por cada comercializadora, expresado en euros/kWh, los precios que correspondan a los peajes de acceso y el periodo de validez de cada oferta tendrán que ser notificados a la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, que se encargará de publicarlos en su página web. Además, la comercializadora tendrá que especificar, si procede el coste de alquiler del equipo de medida.

La oferta publicada en la página web de la CNMC tendrá un periodo de validez no inferior a un mes y tendrá como aplicación el plazo de un año. La anulación del contrato antes de su finalización tendrá una penalización impuesta por la comercializadora.

2.1.3 Contrato Bilateral

El último tipo de contratación es el pactado entre consumidor y comercializadora en el mercado libre según precio y condiciones que entre ellos pacten. A esta modalidad de contrato puede optar cualquier consumidor.

Al igual que la modalidad de contratación a precio fijo anual, existe una penalización por rescisión anticipada de contrato antes de la fecha de finalización del mismo.

2.2 Tipos de tarifa de acceso a la electricidad

Una tarifa de acceso es la forma en la que se accede a la energía eléctrica y es independiente de la modalidad de contratación. Cada tarifa tiene asociado un peaje de acceso y es importante conocerlo puesto que se aplica en el cálculo del PVPC.

Existen diferentes tarifas de acceso de electricidad que pueden agruparse dependiendo de si la tensión es mayor o menor a 1 kV. No es necesario entrar en detalle en todas ellas puesto que son sólo tres las que se usan en el presente proyecto. Estas tres tarifas se encuentran dentro del grupo de baja tensión (menor a 1 kV) y son aplicables a suministros con potencia contratada menor a 10 kW.

2.2.1 Tarifa de acceso 2.0A o general

Destinado a consumidores que realizan un consumo repartido de igual forma durante el día. Por lo tanto no posee discriminación horaria y comprende un único periodo para la tarificación.

2.2.2 Tarifa de acceso 2.0DHA o nocturna

Esta tarifa es para consumidores que poseen electrodomésticos de gran consumo, el cual es realizado durante las noches. La tarifa nocturna tiene dos periodos de discriminación horaria (punta y valle), siendo el coste por kWh mas barato por la noche que por el día.

Periodos horarios	Invierno	Verano
Punta 10 horas/día	De 12:00 a 22:00 horas	De 13:00 a 23:00 horas
Valle 14 horas/día	De 22:00 a 12:00 horas	De 23:00 a 13:00 horas

Tabla 1. Periodos para la tarifa de acceso 2.0 DHA o nocturna

2.2.3 Tarifa de acceso 2.0DHS o vehículo

Esta tarifa está pensada especialmente para consumidores que poseen coches eléctricos o electrodomésticos de gran consumo que centran su consumo en horas inusuales del día. La tarifa 2.0 DHS comprende tres periodos de discriminación horaria: punta, valle, supervalle.

Periodos horarios	Invierno y Verano
Punta 10 horas/día	De 13:00 a 23:00 horas
Valle 8 horas/día	De 07:00 a 13:00 horas Y de 23:00 a 01:00 horas
Supervalle 6 horas	De 01:00 a 07:00 horas

Tabla 2. Periodos para la tarifa de acceso 2.0 DHS o vehículo

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 Datos de entrada del sistema

Los datos de entrada al sistema son el consumo realizado por el usuario de una vivienda; los términos, peajes, impuestos y demás valores que se recogen en el cálculo del PVPC; así como los datos de contratación que el consumidor ha acordado con su comercializadora. Todo esto permite al sistema calcular el importe total en euros que se le factura al consumidor en cada periodo de facturación. Además, gracias al equipo de medida utilizado se pueden obtener gráficas de consumo en tiempo real.

3.1.1 Medidas de consumo eléctrico

Uno de los datos de entrada del sistema es el consumo eléctrico que se realiza en un determinado hogar, por tanto, ha sido necesario elegir un dispositivo que permitiera la obtención de datos de consumo tal y como hacen los equipos de medida con capacidad de telemedida y telegestión, comúnmente llamados contadores inteligentes, que progresivamente se instalarán en todos los suministros.

Los datos de consumo no se pueden obtener directamente del contador de la vivienda ya que no son manipulables por el usuario, sólo por la compañía eléctrica. Por ello, se ha seleccionado un dispositivo diseñado y desarrollado por el Centro de Domótica Integral, el BAT-Meter (ANEXO A: BAT-METER MONOFÁSICO), que permite la obtención de valores de varios parámetros relacionados con el consumo eléctrico. Este dispositivo consta de 6 pinzas amperimétricas y una “mota” para dotarle de comunicaciones inalámbricas basadas en 6LowPAN.

El BAT-Meter es capaz de medir el consumo de hasta seis líneas eléctricas, proporcionando valores de seis parámetros distintos por cada línea: potencia real, potencia aparente, energía real, energía aparente, corriente y voltaje.

Además, se cuenta con otro dispositivo llamado BAT-Plug (ANEXO B: BAT-PLUG). Se trata de un enchufe inteligente que puede ser conectado directamente a cualquier toma de corriente del hogar y al que luego se conecta cualquier electrodomestico enchufable del que se quiera medir su consumo, potencia y demás parámetros.

Ambos dispositivos, se comunican con una pasarela (ANEXO C: BAT-LINK) donde se encontrará la implementación del sistema, objeto de este proyecto. El BAT-Link proporciona la conexión con internet y se encarga de almacenar los datos recogidos por el BAT-Meter y el BAT-Plug.

Se han elegido los dispositivos BAT desarrollados en CeDInt-UPM por su versatilidad, capacidad para medir consumos en tiempo real y porque hay varios de estos sistemas instalados en el edificio CeDInt-UPM, lo que permite integrar en un entorno real de medidas el sistema de análisis de consumo eléctrico que se ha desarrollado en este proyecto.

3.1.2 Precios diarios y peajes

Tal y como se ha explicado en la parte de modalidad de contrato PVPC, para obtener su cálculo es necesario que el sistema desarrollado tenga almacenados y actualizados los peajes, impuestos, términos y coste de cada kilo-vatio hora.

3.1.3 Datos de formulario

Existe un formulario web en el que usuario tendrá que rellenar varios campos para que el sistema sea capaz de utilizarlos. Los datos que se requieren están relacionados con los datos de contratación del consumidor con su comercializadora. Más adelante (apartado 5.1.1) se listan dichos campos.

3.2 Datos de salida del sistema

3.2.1 Alertas

Para el análisis del consumo eléctrico se ha implementado un módulo llamado Generador de Alertas, capaz de avisar por medio de correo electrónico al usuario de que el consumo ha superado un valor máximo prefijado por él mismo. Además del consumo se pueden definir alertas de potencia para conocer cuando se producen picos en la potencia o evitar superar la potencia contratada.

La alerta consiste en un mail enviado al consumidor describiendo qué medida produjo dicha alerta y el instante de tiempo en que tuvo lugar. También se ha implementado la opción de notificar el exceso en euros por el consumo realizado.

3.2.2 Medidas de consumo para gráficas

El sistema permitirá obtener listas de medidas de los parámetros que el dispositivo de medida ha almacenado en una base de datos. La finalidad de obtener una lista de medidas es la de poder mostrarlas en gráficas a través de la aplicación web desarrollada.

Más adelante se explicará el tratamiento de las medidas de consumo puesto que el dispositivo solo guarda el consumo acumulado.

3.2.3 Coste del consumo eléctrico

Con todos los datos de entrada al sistema éste es capaz de calcular el importe en euros para la tarifa de acceso que el consumidor tenga contratada.

4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El modelo de desarrollo seguido es el de cascada el cual ha permitido un proceso secuencial para el desarrollo del sistema en su totalidad. Las otras metodologías de desarrollo (Prototipado, incremental, espiral, RAD) no encajaban puesto que requieren de varias iteraciones y de un mayor tiempo para su realización. Además, los otros modelos de desarrollo están orientados a sistemas más complejos y con aportación constante del usuario final.

El sistema desarrollado cuenta con 4 módulos claramente diferenciados que otorgan funcionalidad al sistema y permiten cumplir los objetivos establecidos.

A continuación se explica las diferentes funcionalidades de los módulos que componen el sistema, los cuales son:

- Módulo de Obtención de Precios del PVPC
- Módulo para el Cálculo del PVPC
- Módulo para el Cálculo de Medidas
- Módulo Generador de Alertas

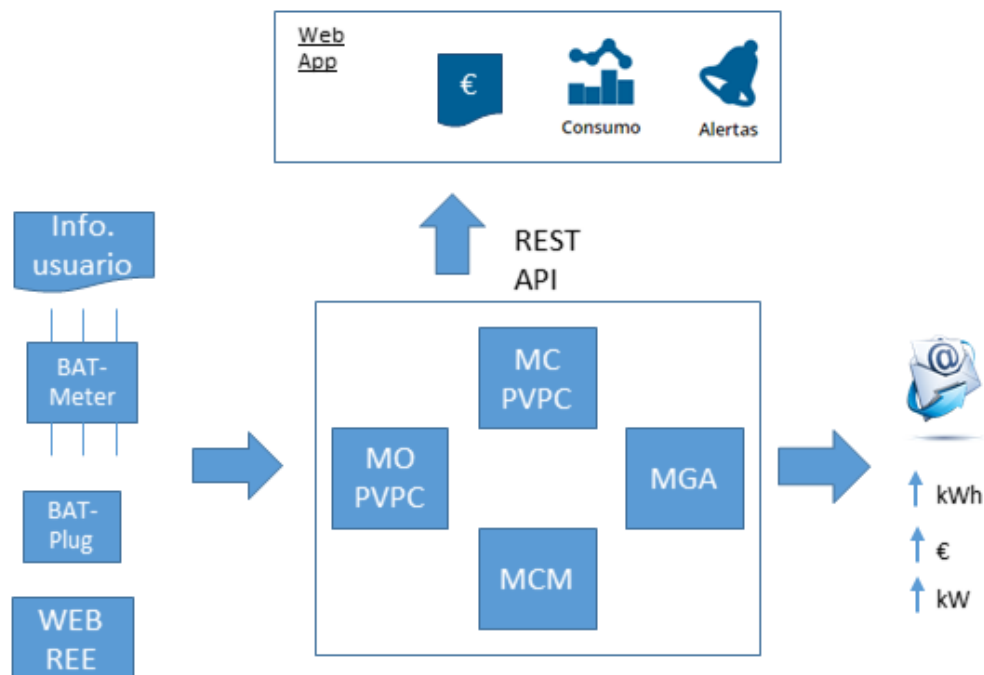


Figura 1. Diagrama del Sistema

La Figura 1. Diagrama del Sistema muestra los módulos implementados dentro del sistema, además de las entradas y salidas que produce tal y como se explicó en el apartado anterior.

4.1 Módulo de Obtención del PVPC

Como se ha explicado anteriormente, para calcular el importe total a pagar por el servicio de electricidad en la modalidad del Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor es necesario conocer el término del coste horario de energía de cada hora. Por ello la muy importante y única funcionalidad de este módulo es la obtención y almacenamiento diario

de dicho término en la base de datos del sistema para su posterior utilización en los cálculos. Así mismo, existen dos casos que han de ser diferenciados según si el suministro cuenta o no con contador inteligente, puesto que el valor del término de energía es distinto para cada caso.

Los valores de todos y cada uno de los componentes del término del coste de producción del Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor se obtienen de la página web de Red Eléctrica de España, transportista y operador del sistema eléctrico español, según lo establecido en el Real Decreto 216/2014, de 28 de Marzo. La hora de la publicación de los precios a aplicar el día siguiente se realiza alrededor de las 20:30 horas.

Los datos de precios de coste de energía y peajes que REE muestra en su web son descargables únicamente en formato xls, no proporciona descargarlos en ningún otro formato ni proporciona una API REST pública para su descarga apropiada (Figura 2). Más adelante se explica el procedimiento seguido para obtener los precios pese al inconveniente descrito.



Figura 2. Método de descarga del término de facturación en la web de REE.

4.1.1 PVPC con contador inteligente

En el caso de que el suministro cuente con un equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión el precio de producir la electricidad para cada tipo de tarifa y para cada una de las 24 horas del día siguiente, además de días anteriores, son accesibles a través de la web de REE. La forma de mostrar estos valores en su web es utilizando gráficas.

A continuación se muestra una captura de pantalla de cómo Red Eléctrica de España muestra el precio del término de energía activa del PVPC (Figura 3). El día para el que se muestran los datos es el 1 de diciembre del 2014 pero es modificable por cualquier otra

fecha comprendida desde el 1 de abril del 2014 (a partir de la cual la tarifa el PVPC entra en vigor) hasta la fecha actual.

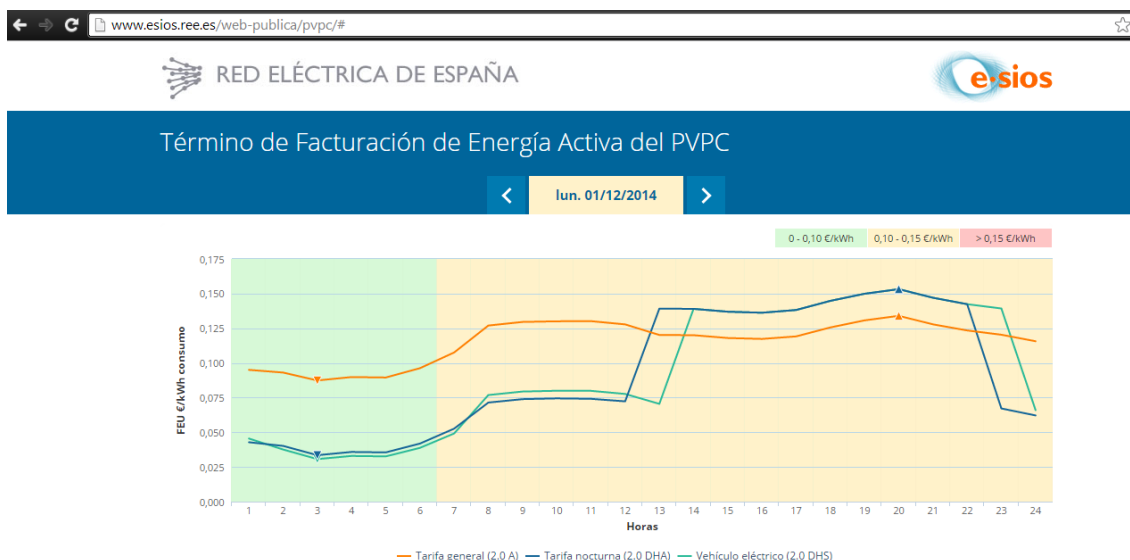


Figura 3. Gráfica del precio del término de energía activa del PVPC en la web de REE.

En la imagen se pueden apreciar tres gráficas de tipo líneas superpuestas, cada una de ellas corresponde a las tres tarifas de acceso explicadas con anterioridad.

En un primer momento se contempló la opción de implementar un servicio que se encargara de descargar el fichero Excel de cada día que proporciona la web de REE pero se estimó que sería compleja la implementación de dicho servicio puesto que habría que utilizar una librería que proporcionara el manejo de ficheros Excel, además de buscar dentro de cada fichero los datos relevantes que el sistema tiene que almacenar. Por ello, se optó por obtener los datos tal y como lo hacen las gráficas que se muestran en la web de REE.

Para saber cómo la web obtiene los datos se inspeccionó el código de la web de REE y se observó que en las transferencias de red existen llamadas a un servicio REST que proporciona un objeto en formato JSON (Figura 4). Un JSON (JavaScript Object Notation) es mucho más cómodo de tratar y analizar sintácticamente al ser un formato ligero para el intercambio de datos.

El servicio público al que llama la web es el siguiente:

Tipo de petición REST: GET

URL:

http://www.esios.ree.es/Solicitar?fileName=PVPC_CURV_DD_20141201&fileType=txt&idioma=es

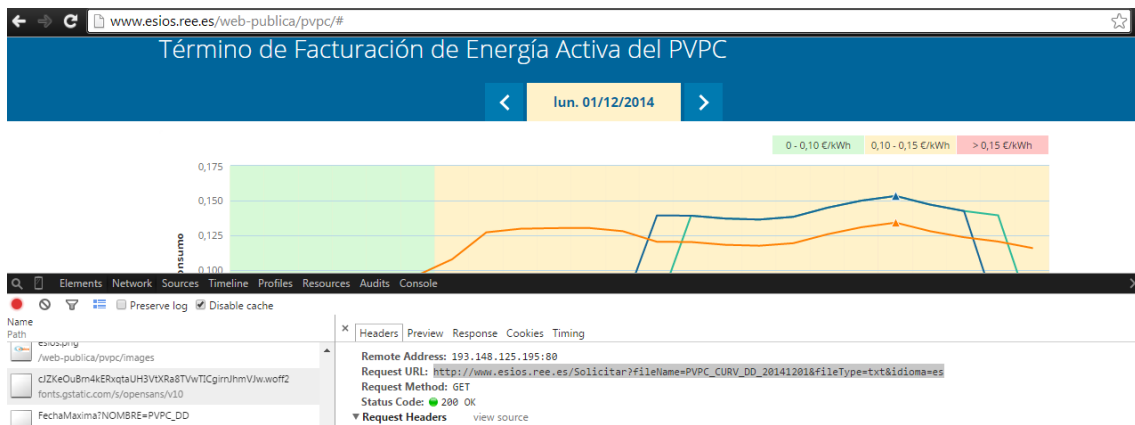


Figura 4. Llamada REST para obtener costes de energía de las tres tarifas cuando contador inteligente

Para conocer el objeto que devuelve la llamada REST se ha utilizado el plugin Postman (cliente REST) del navegador Chrome que puede instalarse desde el Chrome Web Store. Un extracto del objeto JSON devuelto al utilizar Postman se muestra en la siguiente imagen:

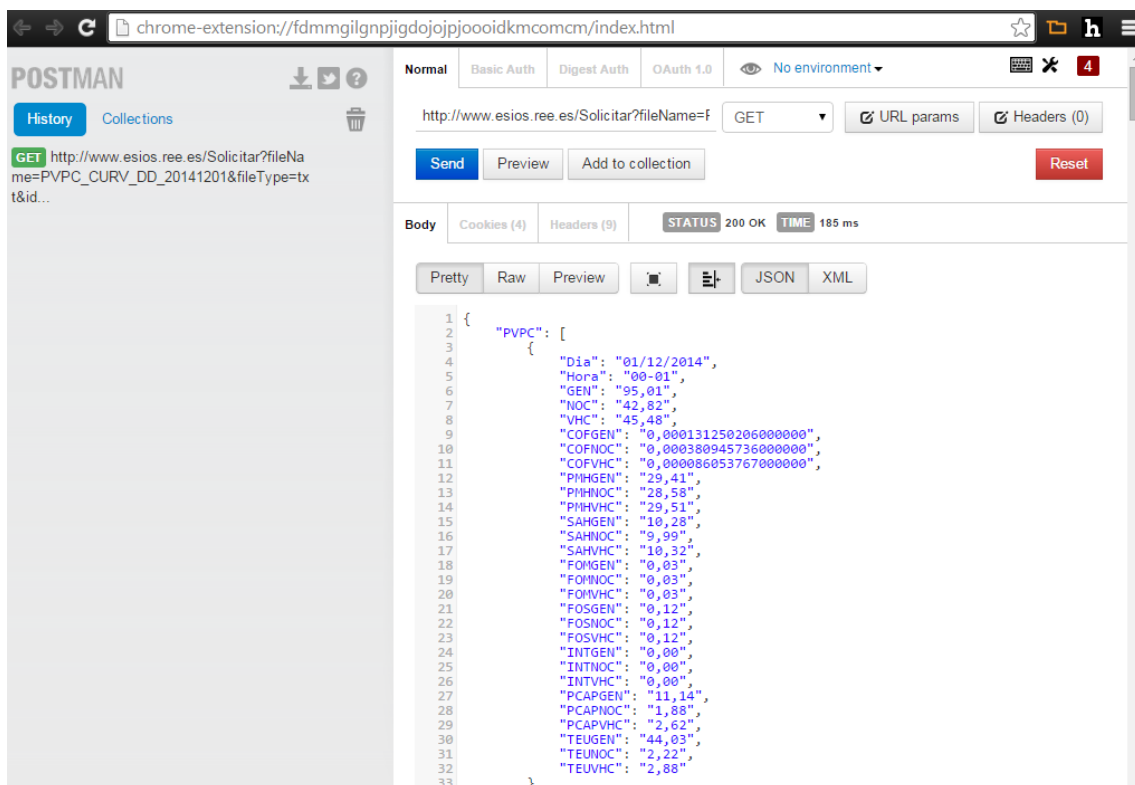


Figura 5. Llamada al servicio REST con POSTMAN

Tal y como se observa en la Figura 5, del objeto devuelto se puede obtener el precio para cada hora del día solicitado de las tres tarifas de acceso del PVPC (General, Nocturna y Vehículo) además de términos y coeficientes empleados para su cálculo. Lo importante en los datos obtenidos son los términos de energía que son de aplicación directa a los cálculos del PVPC.

4.1.2 PVPC sin contador inteligente

Por otra parte, REE publica en su web el término de energía que se ha de utilizar en el cálculo de la factura eléctrica para los suministros que no cuenten con equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión. Así también, es posible obtener el término de energía para las tres tarifas de acceso existentes.

Al igual que el caso anterior, la web de REE cuenta con servicio REST que permite obtener directamente el término de energía especificando únicamente la fecha de inicio y fin de lectura (Figura 6). Este término es el que ha de multiplicarse con el consumo total del periodo de tarificación que corresponda para obtener el término de facturación de energía del PVPC.

The screenshot shows the 'LUMIOS' section of the REE website. It features three tabs: 'Tarifa general (Peaje 2.0 A)', 'Tarifa nocturna (Peaje 2.0 DHA)', and 'Vehículo eléctrico (Peaje 2.0 DHS)'. Below the tabs, there are input fields for 'Desde (lectura inicial)' (01/10/2014) and 'Hasta (lectura final)' (02/12/2014). A 'Consumo en kWh de los periodos P1' field shows 'P1: 541'. There are 'BORRAR' and 'CALCULAR' buttons. The 'Resultado' section shows the calculation for 'P1 (0,125039 €/kWh)' with a total term of '67,65 €'.

Resultado		Periodo de facturación: Desde 01/10/2014 a 02/12/2014
P1 (0,125039 €/kWh)		67,65 €
Peaje de acceso (541 kWh x 0,044027 €/kWh)	23,82 €	
Coste de la energía (541 kWh x 0,081012 €/kWh)	43,83 €	
Término de facturación de energía:		67,65 €

Figura 6. Método de obtención del término de facturación de energía del PVPC sin contador inteligente

El servicio REST al que hace la llamada para obtener estos datos es el siguiente:

Tipo de petición: GET

URL:

http://www.esios.ree.es/Solicitar?fileName=PVPC_GEN_P1_DD_20141201&fileType=txt&idioma=es

The screenshot shows a REST client interface with the URL 'http://www.esios.ree.es/Solicitar?fileName=PVPC_GEN_P1_DD_20141201&fileType=txt&idioma=es'. The response is a JSON object containing the energy term calculation results.

```
{
  "P1": {
    "term": 67.7,
    "access_fee": 23.82,
    "energy_cost": 43.88
  }
}
```

Figura 7. Llamada REST para obtener costes de energía de las tres tarifas cuando no contador inteligente

En este caso, volviendo a utilizar Postman sobre el servicio obtenemos el objeto JSON siguiente:

```
[
  {
    "Indicadores": "Precio",
    "31/03/2014": "0,118332",
    "01/04/2014": "0,118452",
    ...
    "01/10/2014": "0,125142",
    ...
    "29/11/2014": "0,108213",
    "30/11/2014": "0,120048"
  },
  {
    "Indicadores": "Coste Energia",
    "31/03/2014": "0,044027",
    "01/04/2014": "0,044027",
    ...
    "01/10/2014": "0,044027",
    ...
    "29/11/2014": "0,044027",
    "30/11/2014": "0,044027"
  },
  {
    "Indicadores": "Peaje Acceso",
    "31/03/2014": "0,074305",
    "01/04/2014": "0,074425",
    ...
    "01/10/2014": "0,081115",
    ...
    "29/11/2014": "0,064186",
    "30/11/2014": "0,076021"
  }
]
```

Como se puede apreciar en el objeto JSON es una lista con tres listas. Todas ellas tienen un valor asociado por cada día desde el 31 de Marzo de 2014 (fecha en la cual entra en vigor de la facturación según modalidad PVPC) hasta la fecha especificada como fecha de lectura final, en este caso 30 de Noviembre de 2014. La primera de las listas contiene el término de energía del PVPC y las otras dos el coste de energía y el peaje de acceso empleado para su cálculo, respectivamente. Dentro de cada lista el valor que hay que utilizar es el correspondiente a la fecha especificada como lectura inicial.

Cabe destacar que en el ejemplo anterior se muestra la obtención de los precios para la tarifa general. No obstante, para la tarifa nocturna y vehículo, las URLs a emplear son distintas dependiendo de los periodos de cada una de ellas. El tipo de petición para todas las llamadas seguirá siendo GET, puesto que son servicios web utilizados para solicitar

un recurso. El cambio sustancial en la URL se produce concretamente en el parámetro *fileName*:

Tarifa general

- `finalName=PVPC_GEN_P1_DD_20141201`

Tarifa nocturna

- `finalName=PVPC_NOC_P1_DD_20141201`
- `finalName=PVPC_NOC_P2_DD_20141201`

Tarifa vehículo

- `finalName=PVPC_VHC_P1_DD_20141201`
- `finalName=PVPC_VHC_P2_DD_20141201`
- `finalName=PVPC_VHC_P3_DD_20141201`

4.1.3 Algoritmo

Una vez conocida la forma de obtener los términos de energía a utilizar en el cálculo del PVPC, tanto para los suministros que cuentan con equipos de medida con capacidad de telemedida y telegestión como los que no, es fundamental que todos los resultados de las llamadas REST sean almacenados en una base de datos dentro del propio sistema al ser utilizados en sus funcionalidades principales. Teniendo en cuenta esto, se implementó el módulo Obtención de Precios del PVPC. Éste está programado para que entre en ejecución diariamente a las 20:30 horas (hora de publicación de los términos y costes de energía en la web de REE) y, posteriormente, tras la realización de su función vuelve a ejecutarse a la misma hora del día siguiente.

La secuencia de pasos que realiza el módulo son los siguientes:

1. Se construye la URL del servicio REST que devuelve el objeto JSON correspondiente a los precios del PVPC con contador inteligente especificando la fecha del día siguiente a la ejecución del módulo.
2. Se analiza sintácticamente el objeto JSON devuelto, y posteriormente de él se extraen los precios de las 24 horas del día correspondiente para las tres tarifas de acceso.
3. Se almacenan los precios de las tarifas de cada hora en la base de datos.
4. Se procede a construir las URLs de los servicios con los que se obtienen el coste, el peaje y el término de energía calculado para todos los días desde el 31 de Marzo de 2014 hasta la fecha del día siguiente a la ejecución de este módulo.
5. Se analiza sintácticamente el objeto JSON y se almacenan todos los datos obtenidos.
6. En caso de que se obtenga una respuesta sin datos o que directamente no se obtenga respuesta a las llamadas de los servicios REST de la web de REE, se reintentará la ejecución al cabo de una hora. Esto es así porque la publicación de los precios no es siempre a las 20:30 horas.

Si bien es cierto que en la primera ejecución del módulo se tendrán los precios para el día siguiente con ello no se podrían consultar precios de días o meses anteriores. Por ello, al ejecutarse el módulo por primera vez, éste procederá a realizar sucesivas peticiones REST

a los servicios explicados con anterioridad con fecha de 31 de Marzo de 2014 hasta la fecha actual de ejecución. Para cada fecha distinta se procederá a realizar los pasos del 1 al 6.

4.2 Módulo para el Cálculo del PVPC

Este módulo es el encargado de realizar el cálculo para obtener el coste final de facturación según el consumo real realizado. Para ello se utilizan las fórmulas que se describen en el capítulo de trabajo previo (apartado 4.1.1.2 Términos utilizados para el cálculo del PVPC y 4.1.1.3 Cálculo de PVPC) y que se vienen a utilizar de la siguiente forma:

1. Cálculo del término de facturación de potencia

Para ello hay que multiplicar el número de días desde la fecha de inicio de lectura hasta la última lectura por la potencia contratada y por el término de potencia que actualmente es de 42,043426 euros/kW y año (0,1151874684931507 euros/kW y día). Este importe se obtiene sumando el margen de comercialización fijo, que a partir de 1 de abril de 2014 es de 4 euros/kW y año tal y como se recoge en la disposición adicional octava del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, más el término de potencia del peaje de acceso y cargos de aplicación al suministro que es 38,043426 euros/kW y año.

$$FPU = TPU \times Pot$$

Siendo:

$$TPU = TPA + MCF$$

2. Cálculo del término de facturación de energía

Dependiendo de si el suministro cuenta con equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión o no, el término de facturación de energía se calcula de forma diferente:

a. Sin contador inteligente

Si no se tiene equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión en el suministro hay que obtener el precio o los precios de los periodos correspondientes a la tarifa de acceso que se encuentran almacenados en base de datos gracias al módulo Obtención de Precios del PVPC y multiplicarlos con el consumo de su correspondiente periodo. Posteriormente sumar el resultado obtenido de cada periodo. Por ejemplo, si se tiene contratada la tarifa nocturna habría que obtener el consumo total en el periodo 1 y en el periodo 2 para la fecha de facturación especificada y multiplicar el consumo total del periodo 1 por su coste obtenido de la base de datos, lo mismo para el periodo 2. Sumar el resultado obtenido del periodo 1 y 2.

$$FEU = \sum_{p \in \text{periodo de facturación}} Ep * \left[TEUp + \frac{\sum_{h \in p} (TCUh * ch)}{\sum_{h \in p} ch} \right]$$

b. Con contador inteligente

En caso de que el suministro cuente con equipo de medida con capacidad de telemedida y telegestión se obtendrá el consumo por horas y se multiplicarán por su correspondiente precio obtenido a través del servicio módulo Obtención de Precios del PVPC. Se sumarán todos los precios del consumo realizado de todas las horas entre las fechas de facturación indicadas.

$$FEU = \sum_{p \in \text{periodo de facturación}} \left[(Ep * TEUp) + \sum_{h \in p} (Eph * TCUh) \right]$$

3. Impuesto especial para electricidad

Para ello hay que multiplicar el tipo impositivo que es actualmente un 4,864% por el coeficiente para base imponible que es 1,05113 por la suma del término de facturación de energía y del término de facturación de potencia.

4. Coste de alquiler del equipo de medida

Este dato se encuentra en la base de datos puesto que es introducido por el usuario del sistema a través de un formulario de entrada desde la aplicación web desarrollada.

5. I.V.A. en Península y Baleares

Actualmente es un 21%. Se precisa sumar todos los cálculos anteriores y multiplicarlo por 0.21.

6. Precio total de la factura eléctrica

Para obtener el precio final de la facturación entre las dos fechas establecidas hay que sumar todos los cálculos anteriores.

4.3 Módulo para el Cálculo de Medidas

Este módulo se encarga de los cálculos relacionados con los parámetros de consumo: energía, potencia, voltaje y corriente.

Por un lado hay que calcular la energía consumida en un intervalo de tiempo determinado. Por ejemplo, el consumo realizado en el periodo de un mes, dos meses o incluso de un año o el consumo por intervalos de horas a lo largo de un día o el consumo por intervalo de días durante un mes. El dispositivo de medición, instalado en el cuadro eléctrico de una casa, es capaz de ir incrementando un contador según el correspondiente consumo eléctrico que se esté realizando. El consumo eléctrico es la energía consumida por un artefacto eléctrico, el cual requiere de una potencia para su funcionamiento y se mide en kWh.

Por otro lado, los parámetros de potencia, voltaje y corriente no requieren de un cálculo como la del consumo. Las medidas de estos parámetros son recogidas instantáneamente y su valor se guarda sobrescribiendo el valor anterior.

Se han desarrollado tres servicios relacionados con el cálculo de medidas: servicio de cálculo de medidas de consumo, servicio de cálculo de valores medios de consumo y servicio de monitorización de consumo.

4.3.1 Servicio para calcular las medidas de consumo

Las medidas del parámetro de consumo que el dispositivo mide deben tener un tratamiento diferente a las medidas de los demás parámetros, puesto que el valor de esta medida indica únicamente el valor acumulado del consumo en cada instante. Leer esta medida en un instante cualquiera no aportaría ninguna información útil a menos que existiera otra lectura con la cual hacer una comparación con la lectura inicial. Así, de esta manera se podría obtener el consumo que se ha realizado entre dos fechas; una inicial y otra final, tal y como se hace actualmente en el proceso de facturación en el cuál las lecturas se hacen directamente en el dispositivo físico, solo que en este caso la lectura se hace consultando la base de datos del sistema donde las medidas han sido guardadas cada minuto (valor configurable del driver que utiliza el sistema).

El servicio de cálculo de medidas de consumo permite obtener una lista con todas las medidas del parámetro de consumo de una línea cualquiera del dispositivo de medida instalado entre dos fechas especificando un intervalo de tiempo para calcular cada media.

4.3.1.1 Argumentos de entrada

Los argumentos que recibe el servicio son:

- ***parameterId***: Número que identifica el parámetro de una línea por el que se quiere obtener el consumo. Cada línea tiene seis parámetros y como el dispositivo de medición es capaz de medir hasta seis líneas se tendrían 36 parámetros distintos cada uno con un identificador único.
- ***startDate***: Fecha a partir de la cual se empezará a calcular el consumo. Los minutos, segundos y milisegundos han de estar inicializados a 0.
- ***endDate***: Fecha hasta la que se quiere saber el consumo. Al igual que *startDate* los minutos, segundos y milisegundos han de estar inicializados a 0.
- ***interval***: Cadena de caracteres que especifica un intervalo de tiempo para el que se quiere obtener el consumo. Valores posibles: *hour*, *day*, *week*, *month*, *year*.

4.3.1.2 Salida

Se obtendrá una lista de valores de consumo con sus respectivas fechas.

4.3.1.3 Algoritmo

Se ha utilizado el siguiente algoritmo para la implementación del servicio en cuestión:

1. Inicializar a cero los minutos, segundos y milisegundos de las fechas *startDate* y *endDate*.
2. Obtención de la primera y última medida del parámetro con id *parameterId* dentro de las fechas *startDate* y *endDate*.
3. Si no existe la primera y última medida entre las fechas devolver una lista vacía. Al no existir al menos dos medidas en el periodo comprendido entre *startDate* y *endDate* no se podrá calcular el consumo en dicho periodo de tiempo.
4. Si la fecha de la primera medida es mayor que la fecha *startDate* más el tiempo especificado en *interval* avazar *startDate* tantos *interval* como sea necesario hasta que la fecha de la primera medida esté en el rango *startDate* más *interval*.
5. Se instancia una fecha parcial de inicio (*partialStartDate*) con la fecha de *startDate* y una fecha parcial de fin (*partialEndDate*) con la fecha *startDate* más *interval*.

6. Si la fecha *partialEndDate* es mayor que la fecha de la última medida, obtenida en el paso 2 ir al paso 12. En caso contrario seguir con el paso 7.
7. Se hace una consulta a la base de datos pidiendo la primera medida entre *partialStartDate* y *partialEndDate* para el parámetro *parameterId* y se almacena en una variable *partialFirstMeasure*.
8. Sumar *interval* a las fechas *partialStartDate* y *partialEndDate*.
9. Consulta a la base de datos pidiendo la primera medida entre los nuevos *partialStartDate* y *partialEndDate* para el parámetro *parameterId* y se almacena en una variable *partialSecondMeasure*.
10. Restar *partialFirstMeasure* a *partialSecondMeasure* para obtener el consumo en el intervalo.
11. Crear nueva medida de consumo con el valor de la resta y con fecha *partialStartDate* y almacenarlo en la lista de consumos a devolver. Seguir con el paso 6.
12. Obtener la primera y última medida entre *partialStartDate* y *partialEndDate*.
13. Si existen las dos medidas continuar con el paso 14. En caso contrario devolver la lista de consumo.
14. Restar las medidas y almacenar este valor en la lista de consumo a devolver con fecha *partialStartDate*. Este paso permite obtener el consumo en el intervalo actual.

4.3.2 Servicio para calcular medias de medidas

El sistema, como bien se ha dicho al principio, no solo maneja medidas de consumo eléctrico sino también medidas de potencia, voltaje y corriente. Obtener medidas para el parámetro de consumo implica realizar pequeñas operaciones matemáticas, en cambio, si se quiere obtener, por ejemplo, la corriente a lo largo de un mes bastaría con hacer la correspondiente consulta en la base de datos para obtener todas las medidas que el sistema ha ido almacenando. No obstante, teniendo en cuenta que hay una medida por minuto por cada parámetro, trabajar con todas las medidas que se obtienen de la base de datos podría ser excesivo, ya que en un año supondría trabajar con 525.600 medidas para un único parámetro.

Ante esta situación, con el fin de trabajar con un volumen inferior de datos, se ha implementado un servicio que realiza la media de las medidas existentes en todos los periodos que existen entre dos fechas. Por ejemplo, un caso de uso del servicio sería el obtener las medidas de potencia de una única línea del cuadro eléctrico para el año 2014 calculando la media por día. Al tener la media de potencia por día el número total de medidas que se obtiene es de 365 medidas, mucho más manejable frente a las 525.600 medidas que se obtienen al no realizar medias.

4.3.2.1 Argumentos de entrada

Los argumentos de entrada para el presente servicio son los siguientes:

- ***parameterId***: Número que identifica el parámetro de una línea por el que se quiere obtener las medidas.
- ***startDate***: Fecha a partir de la cual se empezará a buscar medidas en la base de datos. Los minutos, segundos y milisegundos han de estar inicializados a 0.

- **endDate:** Fecha hasta la cual se quiere realizar la media de las medidas almacenadas. Al igual que *startDate* los minutos, segundos y milisegundos han de estar inicializados a 0.
- **interval:** Cadena de caracteres que especifica un intervalo de tiempo con el que obtener las medidas comprendidas en dicho intervalo para posteriormente realizar la media con todos ellos. Valores posibles: *hour, day, week, month, year* o número de minutos, ejemplo: '120', '240', etc.

4.3.2.2 Salida

El servicio devolverá una lista con las medias de medidas, comprendidas en el intervalo especificado en el argumento *interval*, con la fecha del rango menor del mismo. Este proceso se realizará desde una fecha inicial hasta una fecha final.

4.3.2.3 Algoritmo

El algoritmo utilizado para la implementación del servicio es el siguiente:

1. Inicializar a cero los minutos, segundos y milisegundos de las fechas *startDate* y *endDate*.
2. Obtención de la primera y última medida del parámetro con id *parameterId* entre las fechas *startDate* y *endDate*.
3. Si no existe la primera y última medida entre las fechas devolver una lista vacía.
4. Si la fecha de la primera de la primera medida es mayor que la fecha *startDate* más el tiempo especificado en *interval* avanzar *startDate* tantos *interval* como sea necesario hasta que la fecha de la primera medida este en el rango *startDate* más *interval*.
5. Se instancia una fecha parcial de inicio (*partialStartDate*) con la fecha de *startDate* y una fecha parcial de fin (*partialEndDate*) con la fecha *startDate* más *interval*.
6. Si la fecha *partialEndDate* es mayor que la fecha de la última medida, obtenida en el paso 2 ir al paso 11. En caso contrario seguir con el paso 7.
7. Se hace una consulta a la base de datos pidiendo todas las medidas entre *partialStartDate* y *partialEndDate* para el parámetro *parameterId*.
8. Realizar la media de todas las medidas obtenidas.
9. Almacenar la media obtenida en la lista a devolver con la fecha *partialStartDate*.
10. Sumar a las fechas *partialStartDate* y *partialEndDate* el tiempo especificado en *interval*. Posteriormente continuar con el paso 6.
11. Obtener todas las medidas entre *partialStartDate* y *partialEndDate*.
12. Realizar la medida con todas las medidas obtenidas y almacenarlo en la lista a devolver con fecha *partialStartDate*.

4.3.3 Servicio para la monitorización del consumo

El primer servicio de este módulo permite obtener entre dos fechas el consumo realizado en varios intervalos de tiempo, así, de esta forma es posible saber, por ejemplo, el consumo que se ha hecho en cada una de las horas durante un día entero. No obstante, no se podría saber la evolución del consumo a lo largo de ese mismo día, esto sería útil para conocer el instante de tiempo en el que se ha llegado a igualar o superar un valor determinado a lo largo del día.

Si se quiere realizar una monitorización del consumo eléctrico tal y como lo hace el Módulo Generador de Alertas (apartado 5.4) es necesario implementar un nuevo servicio para que sea utilizado por dicho módulo.

4.3.3.1 Algoritmo

El funcionamiento del servicio es el siguiente:

1. Coge la primera medida que encuentra a partir de una fecha y la guarda como referencia para conocer el consumo a tiempo real.
2. Luego se piden todas las medidas existentes en la base de datos desde la fecha inicial del paso 1 hasta una fecha final.
3. Por cada una de las medidas se le resta la medida de referencia obteniendo así el consumo real desde la fecha de inicio.

Además se ha implementado una funcionalidad adicional para que se pueda realizar la monitorización no solo de una línea del cuadro eléctrico de forma individual sino de varias líneas, es decir, el servicio es capaz de calcular el consumo de las líneas que se requieran. Por ejemplo, se podría conocer con este servicio el consumo total que se ha realizado en una semana o se está realizando en la semana de las líneas de iluminación y cocina.

4.4 Módulo Generador de Alertas

Con todos los servicios y funcionalidades de los módulos anteriormente explicados se puede llegar a realizar una monitorización del consumo eléctrico, de la potencia, y del gasto económico del suministro de una vivienda. En consecuencia, los módulos anteriores ofrecen una ayuda para actuar de una forma más eficiente, tanto energética como económicamente.

No obstante, con los módulos anteriores la carga de trabajo que le supondría al usuario del sistema sería la realización de peticiones o consultas a los servicios de cada módulo constantemente, con el fin de conocer los valores de medición obtenidos y poder llegar a monitorizar su consumo en el caso que sufra excesos. Por tanto, se planteó mover esa carga de trabajo al sistema. De este modo, el encargado de consultar las medidas y valores obtenidos para conocer si se ha producido una medición no deseada es el propio sistema y no el usuario. Además, se consideró de gran importancia la posibilidad de que el sistema sea capaz de generar avisos en tiempo real, en circunstancias que se consideren de interés para el propietario de una vivienda. Circunstancias en las que uno o varios de los parámetros que el dispositivo mide a tiempo real produzcan una medición fuera de lo normal o en la que el usuario de una propiedad especifique que quiere ser notificado en el instante cuando se alcance o sobrepase un valor determinado.

Adicionalmente, al poseer el sistema un Módulo de Obtención del PVPC no solo se puede notificar los cambios de los valores de los parámetros del dispositivo de medición sino que también se puede realizar una monitorización del gasto en euros que se está produciendo según el consumo a tiempo real. Esto es posible gracias a tener almacenados los precios para las diferentes tarifas dentro de la modalidad de contratación del PVPC. Además, el sistema cuenta con el Módulo de Cálculo del PVPC con el que se puede obtener el precio a facturar hasta el día actual con el consumo que se haya realizado hasta ese mismo instante según la tarifa que se haya contratado.

Las diferentes ventajas que ofrece el Módulo Generador de Alertas son varias y de gran importancia para el ahorro energético y económico:

1. Alerta al propietario de una vivienda del gasto energético excesivo o no deseado tanto para el consumo como para la potencia por medio de envío de un correo electrónico.
2. Permite realizar una monitorización en tiempo real de los parámetros del dispositivo.
3. Ayuda en la decisión de bajar, mantener o subir un tramo la potencia contratada. Es deducible que si el sistema no ha alertado durante varios meses la superación de la potencia contratada se puede bajar un tramo, o mantenerla si se comprueba que se ha estado cerca de superarla en reiteradas ocasiones. Por otro lado si han existido varias notificaciones de superación de la potencia se podría plantear la opción de subir la potencia.
4. Posibilidad de ver un historial de alertas puesto que el módulo las almacena.
5. Ahorro energético al crear configuraciones para avisos de alertas, permitiendo tomar conciencia del gasto que se produce.
6. Ahorro económico en el caso de reducción del consumo o bajada de al menos un tramo de la potencia. El sistema configura una alerta de potencia con el valor de un tramo menos al que se tiene contratado, si la alerta no ha saltado nunca durante varios meses convendría bajar la potencia un tramo.

Antes de la explicación del algoritmo es necesario detallar los componentes que éste módulo necesita para llevar a cabo con satisfacción todas sus funcionalidades.

4.4.1 Componentes

El Módulo Generador de Alertas (MGA) está estrechamente relacionado con dos componentes fundamentales y necesarios para su correcto entendimiento y funcionamiento:

a. Configuración de Alerta (*AlertConfig*)

Para generar alertas el módulo hace comprobaciones periódicas de valores que se han especificado en algún momento, todos estos valores que el módulo evalúa son introducidos en configuraciones o reglas almacenadas en el sistema. Al dispararse una regla es cuando se procede a la generación de la alerta. Una Configuración de Alerta contiene una serie de atributos que son listados a continuación:

- Nombre: Nombre de la Configuración de Alerta
- Lista de dispositivos: Dispositivo o dispositivos sobre los que se quiere realizar la comprobación de sus medidas.
- Tipo de parámetro: Nombre del tipo de parámetro sobre el cual se quiere generar una alerta (consumo, potencia, corriente, voltaje o precio).
- Máximo: Valor máximo al que se puede llegar sin generar una alerta.
- Intervalo: En el caso que se elija como tipo de parámetro consumo es necesario añadir un campo intervalo sobre el cual se quiere la monitorización, por ejemplo, generar una alerta cuando el consumo de una hora, un día, un mes, o un año alcance o sobrepase el valor máximo.
- Activo: Especifica si hay que comprobar la configuración o no.

- Fecha inicial: Fecha a partir del cual se quiere iniciar las comprobaciones.
 - Fecha de última comprobación: Fecha que indica cuando el módulo Generador de Alertas realizó la última comprobación de la configuración.
- b. Alerta generada (Alert)

El sistema obtiene y comprueba todas las configuraciones almacenadas y en el caso que se cumpla los valores de una *configuración de alerta* se procede a crear una alerta con los siguientes campos:

- Nombre: Nombre de la alerta.
- Descripción: Breve descripción de por qué se produjo la alerta.
- Fecha de inicio: Primera fecha de la medida que alcanzo o supero el valor fijado en la *Configuración de Alerta*.
- Fecha de fin: Primera fecha de la medida inferior después de haber superado el valor máximo fijado en la *Configuración de Alerta*.
- Identificador: Identificador de la *Configuración de Alerta*.

4.4.2 Características y propiedades de los componentes

Es necesario explicar cuáles son las propiedades de los componentes tanto para la *configuración de alerta* como para la *alerta*.

a. Relación 1 a N

El sistema permite generar n-alertas ($n \in \mathbb{N}$) por medio de la comprobación de una *configuración de alerta*. Se genera una alerta por cada *configuración de alerta*.

b. Notificación

La notificación que genera el sistema gracias a este módulo se ha implementado para que la misma sea enviada vía correo electrónico. La dirección de correo destino, utilizada para el envío de la alerta generada, es introducida en el sistema por parte del usuario.

c. Almacenaje

Todas las alertas que se han generado a lo largo del tiempo son almacenadas en la base de datos del sistema de esta forma es posible la consulta de todas ellas.

4.4.3 Conceptos derivados de los componentes

A partir de los componentes se desprenden tres conceptos fundamentales a la hora de la implementación del algoritmo que comprueba la generación de alertas.

a. Alerta activa

Si en el momento de la comprobación de una *configuración de alerta* se detecta que hay que generar una alerta entonces se procede a su creación, asignando valores a todos los campos que posee dicho objeto. Una de esas asignaciones es la de fecha de inicio de alerta, que corresponde con la fecha de la medida con la cual se ha alcanzado o superado el valor máximo, mientras que la fecha de fin de la alerta es dejada sin valor. Una alerta con esta característica recibe el nombre de *alerta activa*.

El concepto de *alerta activa* es fundamental para el algoritmo en cuanto que es utilizado para no crear alertas reiteradamente o crear alertas innecesarias. Si por ejemplo, existe

una medición en el que la potencia de la pinza general supera el valor que se haya fijado en una *configuración de alerta* entonces se generará una alerta. Ahora bien, si existe una medición posterior y su valor es mayor o igual a la medida anterior, la que generó la alerta, no es necesario generar otra alerta nueva puesto que ya existe una *alerta activa* para esa misma configuración. En este caso, el algoritmo se encarga de finalizar una *alerta activa* cuando el valor de una medición es inferior a la fijada como máximo en su *configuración de alerta*. Esto es así únicamente para los parámetros de potencia, corriente y voltaje. Para el parámetro de consumo, cuando una alerta se encuentra activa ésta es desactivada en el momento en el que finaliza el intervalo de la alerta, es decir si existe una configuración para alertar sobre un consumo excesivo a lo largo del día y dicha configuración ha llevado a generar una alerta, la alerta generada permanecerá activa a lo largo de ese día y, posteriormente, al inicio del día siguiente la alerta es finalizada y almacena.

b. Intervalo de comprobación de la configuración de alerta (parámetro de consumo)

El Módulo Generador de Alertas utiliza el servicio para la monitorización del consumo perteneciente al Módulo para Cálculo de Medidas (apartado 4.3) puesto que permite obtener una lista de medidas de consumos calculados para un intervalo de tiempo. Al querer monitorizar el consumo es necesario que éste sea calculado en función del intervalo que se precise a partir de las medidas que el sistema almacena cada minuto.

Una *configuración de alerta* posee un campo de fecha inicial con la cual este módulo sabe cuándo tiene que iniciar el cálculo del consumo, es decir, se obtiene la primera medida del parámetro de consumo a partir de la fecha inicial de la *configuración de alerta* y utiliza el valor de la medida para realizar las restas con todas las medidas posteriores. Esta operación matemática simple es realizada por el MGA cada vez que entra en ejecución, teniendo en cuenta todas las medidas desde la última comprobación.

Esto se realiza hasta que se supera el intervalo especificado en el campo del mismo nombre de la *configuración de alerta*. Por ejemplo, si se tiene una configuración con intervalo por días el MGA comprobará el consumo a lo largo del día cogiendo como medida de referencia la primera medida existente del día y, posteriormente, al finalizar el día cogerá como referencia la primera medida del día siguiente para calcular el consumo del nuevo día.

Se dice que el intervalo de comprobación de la configuración de alerta o simplemente *intervalo de comprobación* es el tiempo comprendido desde la fecha inicial de la *configuración de alerta* hasta la suma de dicho tiempo inicial más el tiempo que especifica el campo intervalo.

Por tanto del *intervalo de comprobación* se desprenden dos términos asociados:

- *fecha de inicio de intervalo de comprobación*: Corresponde a la fecha inicial de la configuración de alerta.
- *fecha de fin de intervalo de comprobación*: Es la fecha que resulta de añadir el intervalo de tiempo de la configuración a la *fecha de inicio de intervalo de comprobación*.

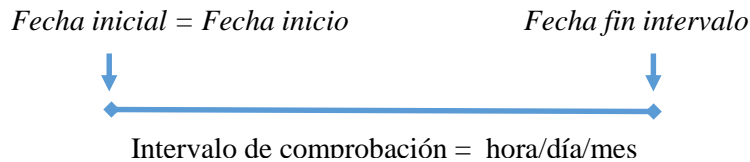


Figura 8. Intervalo de comprobación

c. Actualización de la configuración de alerta (parametro de consumo)

En el caso que el MGA entre en ejecución fuera del *intervalo de comprobación*, éste se encargará de actualizarla, es decir, la fecha inicial de la *configuración de alerta* se reemplazará por la fecha que corresponde a la *fecha fin de intervalo de comprobación*.

El algoritmo que se describe en el siguiente apartado trata los casos posibles de actualización de la configuración de alerta.

4.4.4 Algoritmo

El Módulo Generador de Alertas está programado para que entre en ejecución cada cierto intervalo de tiempo establecido en la implementación de sistema. En este proyecto se ha fijado un intervalo de 5 minutos para que el módulo entre en ejecución y compruebe si ha de generar una alerta con las medidas existentes. Teniendo en cuenta que el sistema guarda medidas de todos los parámetros de todos los dispositivos cada minuto, se ha considerado adecuado 5 minutos para así realizar las comprobaciones de las Configuraciones de Alerta. Es decir, en el caso que exista una medición que produzca una alerta, como máximo habrá un retardo de 5 minutos desde la obtención de esa medición hasta que el módulo haga la comprobación y en consecuencia genere la correspondiente alerta.

El algoritmo implementado para el Módulo Generador de Alertas realiza las siguientes acciones:

1. Consultar la base de datos para obtener todas las configuraciones almacenadas hasta ese momento.
2. Escoger una configuración que no haya sido evaluada antes. Si no existe ninguna configuración el módulo finaliza su ejecución. En caso contrario sigue con el paso 3.
3. Comprobar los valores de la configuración de alerta seleccionada. Si la configuración está desactiva o la fecha inicial de la configuración es mayor que la fecha de ejecución actual del módulo saltar al paso 2. En caso contrario continuar con el paso 4.
4. Si la *configuración de alerta* es de tipo consumo se continúa con el ‘algoritmo de comprobación del consumo eléctrico’ (apartado 4.4.4.2), en cambio, si es de potencia, corriente o voltaje se continúa con el ‘algoritmo de comprobación para parámetros de potencia, corriente y voltaje’ (apartado 4.4.4.1). Una vez finalizado el algoritmo correspondiente se asigna a la configuración de alerta, a su campo fecha de última comprobación la fecha de inicio de ejecución del módulo. Seguir con el paso 2.

4.4.4.1 Algoritmo de comprobación para parámetros de potencia, corriente y voltaje

1. Dependiendo del campo tipo de parámetro almacenado en la *configuración de alerta* (potencia, corriente voltaje) se procede a obtener los identificadores de los parámetros del mismo tipo para cada uno de los dispositivos que especifica la configuración.
2. Obtener de la base de datos una lista de las medidas por cada uno de los parámetros obtenidos en el paso anterior. Si es la primera vez que se comprueba la configuración se piden medidas entre la fecha de inicial de la configuración hasta la fecha de inicio de ejecución del módulo, si no es la primera vez, entonces, se obtienen las medidas desde la última fecha de comprobación hasta la fecha de inicio de ejecución del módulo.
3. Si no se ha obtenido ninguna lista con medidas entonces se termina la comprobación. En caso contrario sumar las medidas que tengan el mismo instante de tiempo de medición.
4. Comprobar si ha de generarse alguna alerta con las medidas obtenidas del resultado de la suma del paso 3. En caso afirmativo se procede a la creación de la alerta (Alert) con todos sus valores correspondientes y se continua con el paso 5, en caso contrario finalizar comprobación.
5. Almacenar alerta en base de datos.
6. Enviar alerta a usuario a través del correo electrónico.

4.4.4.2 Algoritmo de comprobación para parámetros de consumo

1. Obtener los identificadores de los parámetros del tipo de consumo para cada uno de los dispositivos que se especifican en la configuración.
2. Si el Modulo Generador de Alertas se ejecuta dentro del intervalo de la *configuración de alerta* continuar con el paso 3. Si se está ejecutando fuera del intervalo saltar al paso 6.
3. Si no existe ninguna alerta activa para la configuración continuar con el paso 4, en caso contrario terminar la comprobación.
4. Obtener la primera medida existente para cada parámetro en el intervalo de la configuración.
5. Obtener una lista de medidas para cada parámetro del paso 1. Si es la primera comprobación de la configuración obtener las medidas entre la fecha inicial de la configuración y la fecha de ejecución actual del módulo. En el caso que no sea la primera vez, obtener las medidas entre la fecha de la última comprobación hasta la fecha de ejecución actual del módulo. Saltar al paso 17.
6. Si es la primera vez que se comprueba la configuración actualizar dicha configuración con la fecha de ejecución actual del módulo, saltar al paso 15. En el caso que no sea la primera vez continuar con el paso 7.
7. Si la última vez que se comprobó la configuración fue fuera del intervalo de la misma actualizarla con la fecha de ejecución actual del módulo, saltar al paso 15. En caso contrario, si la última comprobación realizada fue dentro del intervalo continuar con el paso 8.
8. En el caso que existiese una *alerta activa*, es decir una alerta que previamente haya sido generada por el módulo en anteriores comprobaciones, se procede a finalizarla con la *fecha fin de intervalo de comprobación* de la configuración de

- alerta, posteriormente almacenarla y saltar al paso 14. En el caso que no existiese ninguna alerta activa continuar con el paso 9.
9. Obtener la primera medida existente para cada parámetro de consumo de las líneas/pinzas especificadas en la configuración entre la *fecha de inicio de intervalo de comprobación* y *fecha fin de intervalo de comprobación* de dicha configuración.
 10. Obtener una lista de medidas para cada parámetro de consumo del paso anterior entre la *fecha de última comprobación* y *fecha fin de intervalo de comprobación* de la configuración de alerta.
 11. Obtener una lista de medidas de consumo para cada parámetro utilizando su medida inicial y su lista de medidas obtenidas.
 12. **Realizar la suma de medidas de consumo de varios parámetros.**
 13. Comprobar si cada una de las medidas de consumo obtenidas es mayor o igual al *valor máximo* de la configuración de alerta. Si es así, generar una alerta y finalizarla con *fecha fin de intervalo de comprobación*.
 14. Actualizar la configuración de alerta asignando a la *fecha de inicio de intervalo de comprobación* la *fecha fin de intervalo de comprobación*. De esta forma queda preparada para comprobaciones posteriores.
 15. Obtener la primera medida existente para cada parámetro de consumo de las líneas/pinzas especificadas en la configuración entre la *fecha de inicio de intervalo de comprobación* y *fecha de ejecución actual del módulo*.
 16. Obtener una lista de medidas para cada parámetro de consumo del paso anterior entre la *fecha de inicio de intervalo de comprobación* y *fecha de inicio de ejecución actual del módulo*.
 17. Obtener una lista de medidas de consumo para cada parámetro utilizando su medida inicial y su lista de medidas obtenidas.
 18. **Realizar la suma de medidas de consumo de varios parámetros.**
 19. Comprobar si cada una de las medidas de consumo obtenidas es mayor o igual al *valor máximo* fijado en la configuración de alerta. Generar una alerta únicamente cuando la comprobación sea afirmativa.

Nota: Para que sea posible la **suma de medidas de varios parámetros** estas han de haber sido tomadas en el mismo instante de tiempo. Ejemplo:

Sea A el parámetro de potencia de la pinza amperimétrica 1 y, con una lista de medidas con la tupla: {valor de la medida, instante de tiempo (fecha con formato UTM para que el ejemplo sea más comprensible)}, una lista de medidas $m_A = \{1020 \text{ W}, 01/01/2015 \text{ 21:10:00}\}, \{1024 \text{ W}, 01/01/2015 \text{ 21:11:00}\}$

Sea B el parámetro de potencia de la pinza amperimétrica 2 con una lista de medidas $m_B = \{2048 \text{ W}, 01/01/2015 \text{ 21:10:00}\}, \{2049 \text{ W}, 01/01/2015 \text{ 21:11:00}\}$

La suma de las dos listas de medidas sería la siguiente:

$m_{AmB} = \{3068 \text{ W}, 01/01/2015 \text{ 21:10:00}\}, \{3073 \text{ W}, 01/01/2015 \text{ 21:11:00}\}$

No es necesario contemplar el caso en el que los instantes de tiempo tengan un valor diferente puesto que el driver, al pedir las medidas y en consecuencia almacenarlas, lo

hace asignándoles el mismo instante de tiempo en el que se hizo la consulta del conjunto de medidas.

5 APLICACIÓN WEB

Actualmente las aplicaciones web son la manera más fácil de que un usuario pueda interactuar con un sistema. Además, aportan el valor de que pueden ser accesibles a través de navegadores web, ya sea en dispositivos móviles o cualquier tipo de ordenador y con cualquier tipo de Sistema Operativo que esté instalado (multiplataforma). Además no tiene por qué ser descargada, instalada o configurada.

Por este motivo se ha optado por desarrollar una aplicación web que da comodidad al futuro usuario del sistema pues no requiere que instale ninguna aplicación específica sino que le basta con utilizar su navegador web habitual, y le permite interactuar únicamente con la aplicación web y ésta, a su vez, interactuará directamente con el sistema.

En este capítulo se explica el diseño y desarrollo de la aplicación web para el sistema antes descrito.

5.1 Diseño y Desarrollo de la interfaz web

Los elementos básicos para el desarrollo una aplicación web y, por tanto, los utilizados para esta han sido:

- HTML5: lenguaje de marcado para el desarrollo de páginas web.
- CSS3: utilizado para dar estilos a la web, ya sea el tipo de fuente, la distribución de los elementos HTML, los tamaños o los colores. Todo a lo que personalización de la web se refiere es función de la hoja de estilo en cascada.
- JavaScript: lenguaje de programación con el cuál se dota de funcionalidad a la aplicación web.
- JQuery: librería JavaScript que facilita el desarrollo web.
- JQueryUI: librería de interfaz de usuario JQuery, bastante útil por proporcionar widgets, efectos y temas.
- HighCharts: librería JavaScript dedicada al manejo y visualización de gráficas en aplicaciones web.

El uso de HighCharts facilita la visualización en gráficas de los datos almacenados en el sistema como las medidas de consumo, potencia, voltaje, corriente y precios del coste de la energía. Así también esta librería JavaScript permite descargar imágenes y gráficos en formatos PNG, JPEG, PDF y SVG. Incluso proporciona la opción de imprimir directamente la gráfica.

5.1.1 Pantalla de Formulario

Una de las entradas al sistema son los datos de contratación que posee el suministro por ello la mejor forma de recoger estos datos es a través de un formulario dispuesto en la aplicación web.

A continuación se muestra la pantalla de formulario donde aparecen todos los campos a rellenar por parte del usuario.

Figura 9. Pantalla de formulario

5.1.2 Pantalla de medidas

La base de datos del sistema tiene almacenada las medidas de los 4 parámetros de cada línea o pinza amperimétrica que el dispositivo BAT-Meter mide. Además, el sistema posee el Servicio para Calcular las Medidas de Consumo (apartado 4.3.1) que hace el cálculo del consumo para cualquier intervalo (horas, días, semanas, meses) a partir del consumo acumulado. La mejor forma de mostrar estos datos es, sin duda alguna, utilizando gráficas y es por ello por lo que se han incluido en la aplicación web.

5.1.2.1 Configurador de gráficas

Conocer las medidas o datos de un parámetro en una fecha determinada y mostrarlas de la mejor manera posible ante el usuario de la aplicación requiere disponer de varios selectores en esta pantalla de medidas. Selectores con los cuales el usuario pueda elegir entre las diversas opciones de consulta de datos almacenados por el sistema.

Por tanto, se diseñó la herramienta con el objetivo de minimizar el número selectores que aporten una mayor usabilidad a la web ayudando al usuario en su utilización pero sin quitar funcionalidad o hacer más compleja la implementación de la aplicación web. Además, se ha implementado en JavaScript que ante cualquier cambio en los selectores la gráfica sea actualizada.

Al conjunto de estos selectores se les llamó configurador de gráficas y el resultado final se muestra a continuación.

Figura 10. Configurador de gráficas

a. Selector de parámetro

Los parámetros almacenados en el sistema son 4: consumo, potencia, corriente y voltaje. Por tanto, son los que han de representarse gráficamente para que el usuario final pueda consultarlos. El selector de parámetro permite pintar la gráfica del parámetro seleccionado.

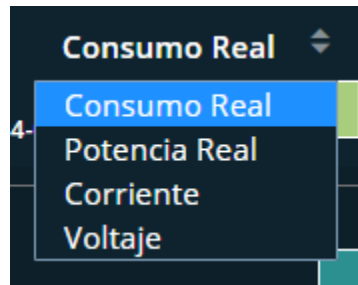


Figura 11. Selector de parámetro

b. Selector de periodo

Para consultar las medidas en la base de datos del sistema se tiene que especificar entre estos periodos: día, semana, mes y año; si lo que se quiere es consultar un día, una semana un mes o un año en concreto. Al seleccionar como periodo el día las medidas que se obtienen de la base de datos son a partir del inicio del día (00:00) hasta el final de ese mismo día (23:59).

Para el caso de semana, se ha establecido que el inicio de la semana es el lunes a las 00:00 y el final el domingo a las 23:59. Con el selector de fechas (más abajo explicado) se podrá elegir cualquier semana para la consulta de las medidas. Sucede lo mismo para los periodos del mes y del año.

En caso de querer visualizar las medidas únicamente dentro de un rango de tiempo comprendido entre dos fechas es posible con la opción 'personalizado'.

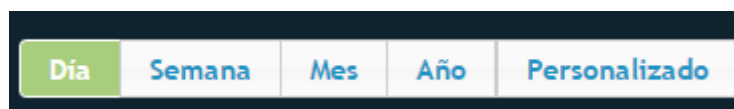


Figura 12. Selector de periodo

c. Selector de fechas

La única función de este selector, como su propio nombre indica, es la de seleccionar fechas.

El añadir un calendario a la aplicación web se hizo mediante la ayuda del widget que proporciona JQuery, Datepicker. Además se escogió un estilo acorde con el del resto de la aplicación la web.

Este widget fue modificado para proporcionar un mejor uso de la consulta de medidas en gráficas. Modificaciones para que en el caso de estar marcado el periodo 'día' se pueda seleccionar una única fecha como se muestra en la siguiente figura:

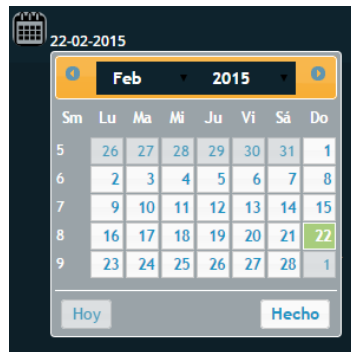


Figura 13. Selector de fecha para día

Si el periodo seleccionado es la semana en el widget se pintará la semana entera por donde pase el ratón:

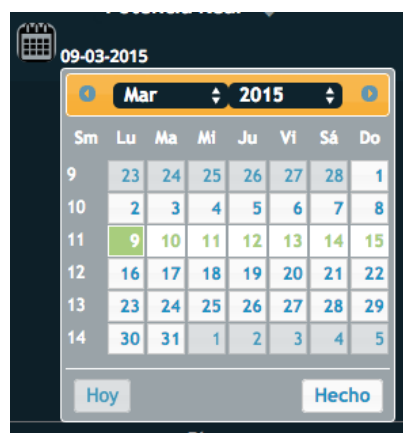


Figura 14. Selector de fecha para semana

Al seleccionar una fecha cuando el periodo 'mes' esté seleccionado, los días y las semanas del widget quedan ocultos, mostrándose únicamente:



Figura 15. Selector de fecha para mes

En caso de que el periodo seleccionado sea 'año' el calendario contendrá únicamente un selector de años.



Figura 16. Selector de fecha para año

Po último, si se selecciona periodo ‘personalizado’ se añadirá otro campo fecha el cual es utilizado para seleccionar la fecha del final de la consulta de las medidas. Este selector de la segunda fecha se mostrará únicamente cuando el periodo ‘personalizado’ esté seleccionado.

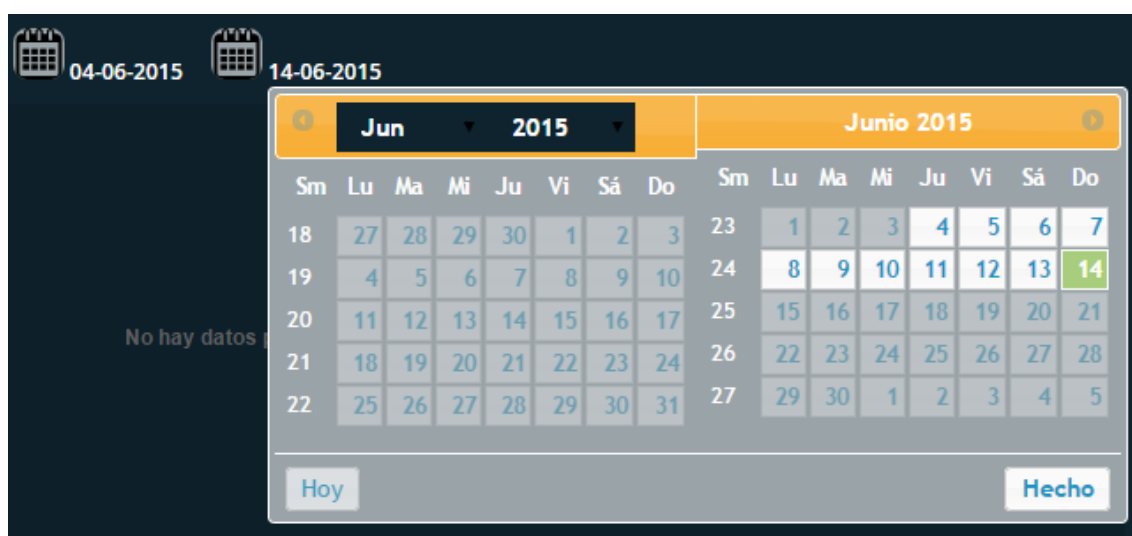


Figura 17. Selector de fechas para para dos fechas cualesquiera

d. Selector de intervalo

El selector de intervalo aparecerá únicamente cuando el parámetro seleccionado sea consumo, puesto que esta opción es necesaria al calcular el consumo dentro de un intervalo (consumo por horas, por días, semanas, meses).

Al principio se contempló la posibilidad de dejar habilitadas todas las opciones del intervalo pero exigiría un mayor trabajo a la hora de realizar determinadas comprobaciones, como por ejemplo comprobar si es válida la configuración definida. Además, de esa forma se permitiría configuraciones carentes de sentido, como por ejemplo la consulta de medidas de consumo con periodo ‘año’ e intervalo ‘por horas’. El resultado de esta ejecución no aportaría información relevante, aparte de ser demasiado dificultosa su visualización en una gráfica. Es por ello que el selector de intervalo es exclusivamente de lectura. Esto quiere decir que su valor no es posible que sea modificado por el usuario. Se ha implementado en la aplicación web que el selector intervalo cambie automáticamente dependiendo de la selección hecha en la selección de periodo. Así se garantiza una correcta visualización de los datos.



Figura 18. Selector de intervalo

5.1.2.2 Gráfica tipo columnas

Se creyó oportuno que la mejor manera de mostrar el consumo por intervalos es utilizando gráficas de tipo columnas. Así, de esta forma, la visualización de estas medidas es mucho más cómoda.

A continuación se explica el desarrollo y la toma de decisiones de la aplicación web para las distintas visualizaciones de gráficas.

a. Consumo de horas por día

En la Figura 19 se muestra el consumo para una fecha seleccionada, en este caso el 2 de Marzo del 2015. Se observa el consumo de la Pinza General y el de la Pinza 2 con un intervalo por horas. Al pasar el ratón sobre las columnas se muestra un cuadro con el consumo de ese intervalo para todas las pinzas amperimétricas. En la figura siguiente la hora seleccionada es la 1:00 por tanto los datos que se están mostrando en el cuadro son las medidas de consumo realizado entre la 1:00 y 2:00.

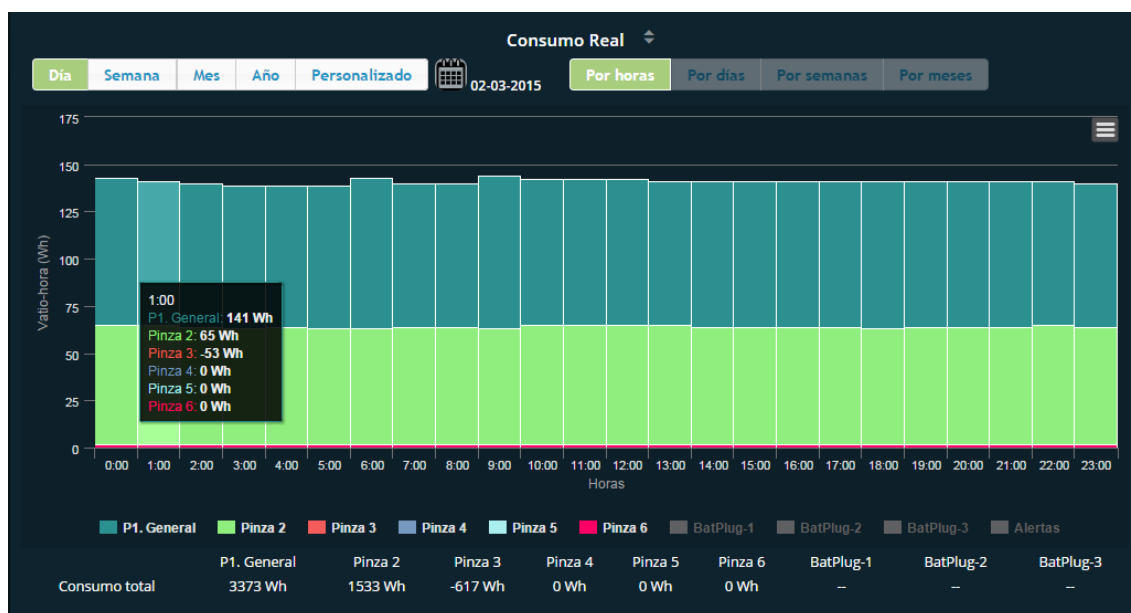


Figura 19. Gráfica de consumo por horas en un día

b. Consumo de días por semana

Al seleccionar como periodo la semana se calcula la fecha del lunes de la semana actual y se asignan sus correspondientes fechas a los siete días de la semana, de lunes a domingo. Este procedimiento es el mismo para cuando se selecciona cualquier semana. Posteriormente, se hace una llamada por cada pinza amperimétrica al servicio REST que devuelve el consumo calculado para una semana con un intervalo por días. Las medidas de consumo obtenidas se asignan a las series (Pinza 1, Pinza 2...Pinza 6) y a los días correspondientes.

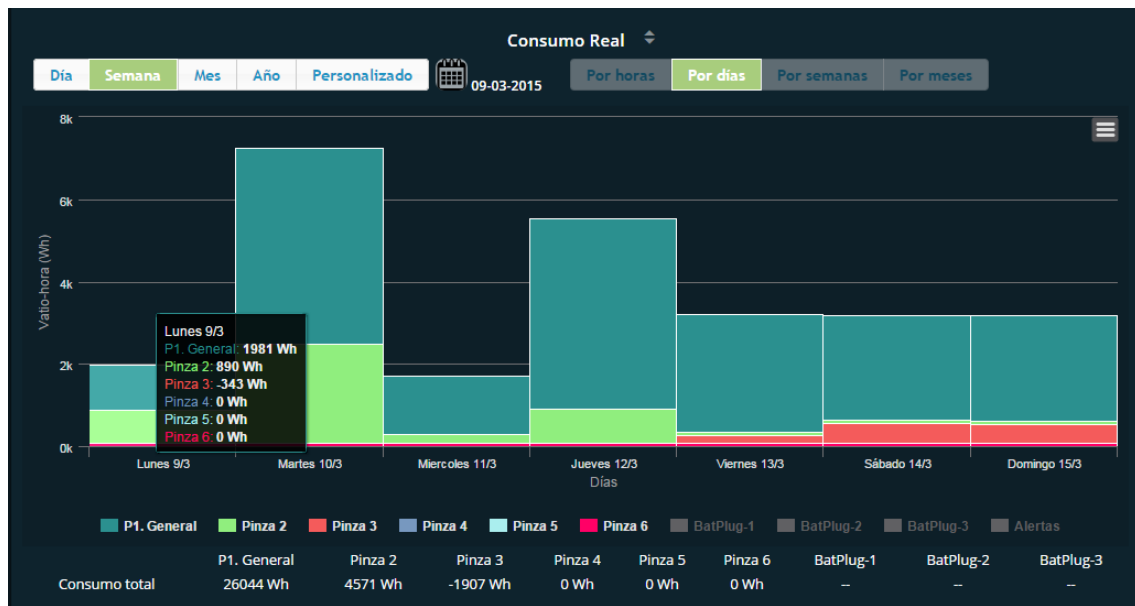


Figura 20. Gráfica de consumo por días en una semana

c. Consumo de días por mes

La visualización del consumo diario a lo largo de un mes se hace calculando la fecha de inicio (trivial) y fecha fin del mes seleccionado. Posteriormente, en el eje X de la gráfica se asignan los días y se hace una llamada al servicio REST del sistema por cada pinza amperimétrica existente. Las medidas devueltas para cada pinza amperimétrica son asignadas a las series correspondientes en la gráfica.

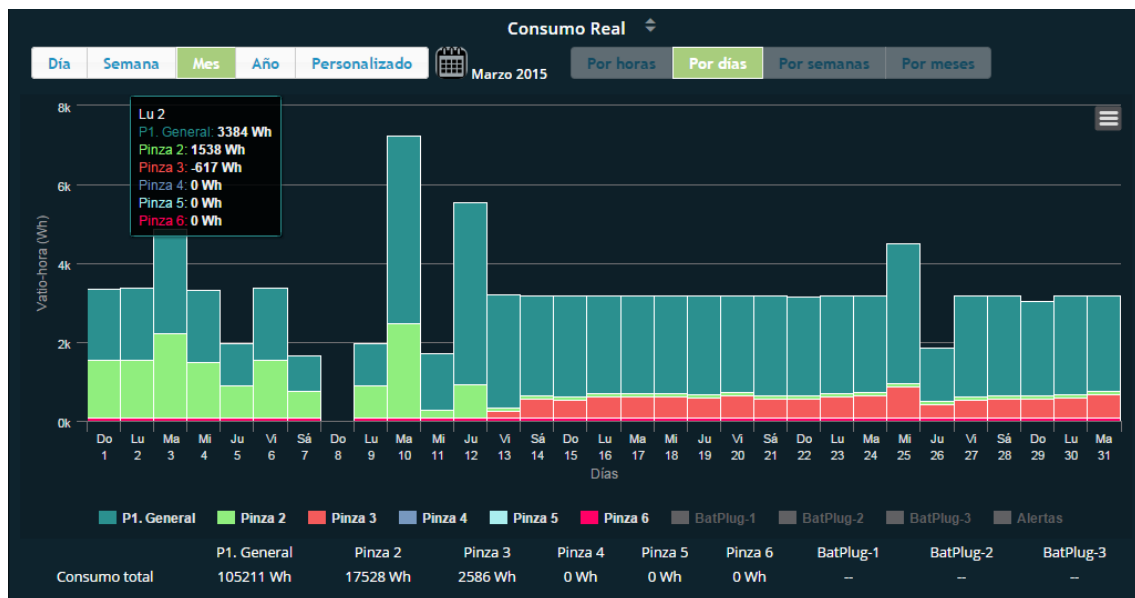
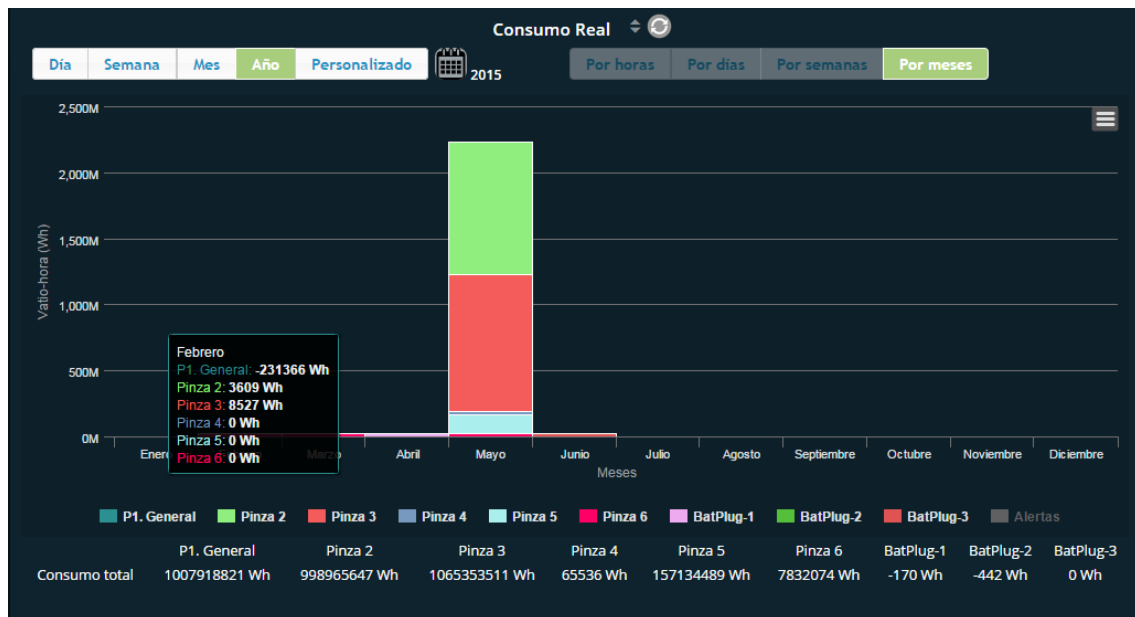


Figura 21. Gráfica de consumo por días en un mes

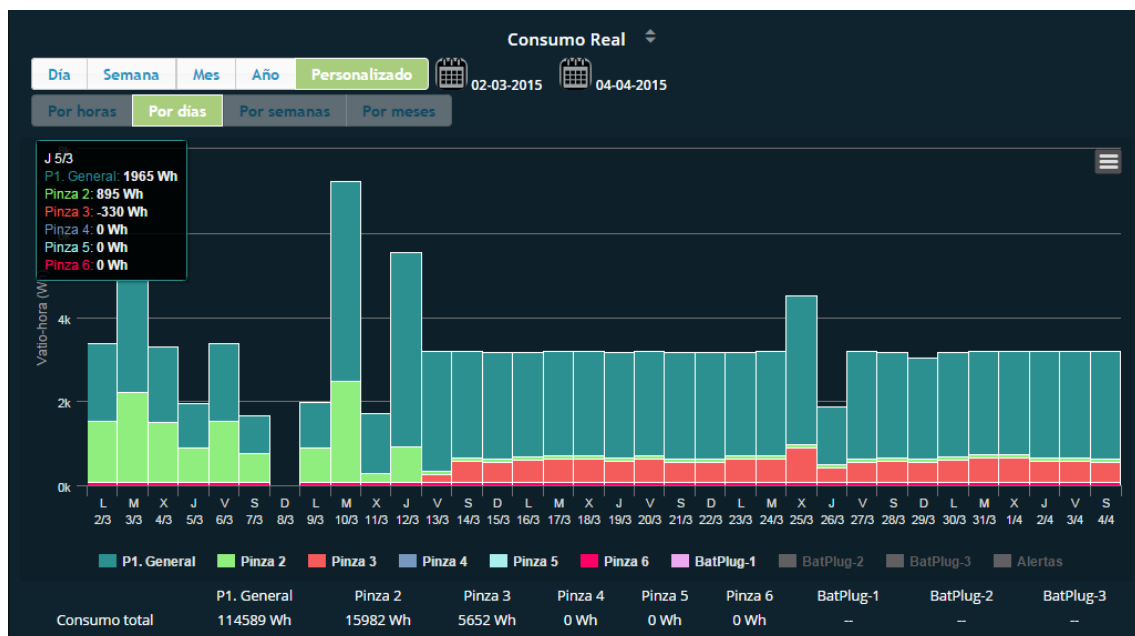
d. Consumo de meses por año

Con el año pasa exactamente lo mismo. En este caso no hay que calcular los intervalos para el año ya que un año tiene exactamente 12 meses. Las medidas devueltas después de realizar las llamadas al correspondiente servicio REST son asignadas a las series de las gráficas y HighCharts es el que se encarga de mostrarlas.



e. Consumo por días entre dos fechas

El periodo de facturación que realizan las compañías eléctricas no suele ser siempre el mismo. Por ello para conocer el consumo total realizado y la evolución del mismo a lo largo de los días de dicho periodo se añadió en la aplicación web la posibilidad de seleccionar un periodo comprendido entre dos fechas cualesquiera. Por defecto, para esta opción personalizada, la visualización del consumo se hace por días.



5.1.2.3 Gráfica tipo líneas

Aparte del consumo los otros parámetros almacenados y que requieren de representación gráfica en la aplicación web son: potencia, corriente, voltaje. A diferencia del consumo estos parámetros no requieren de cálculo ninguno. Bastará con hacer la correspondiente

llamada REST que devuelva el conjunto de medidas comprendido en el periodo seleccionado. Al no realizar restas con las medidas de la base de datos, como se hace con el consumo, la gráfica de tipo columna carece de sentido y es por ello que las medidas de estos parámetros son mostradas en una gráfica de tipo líneas.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se representan estos parámetros:

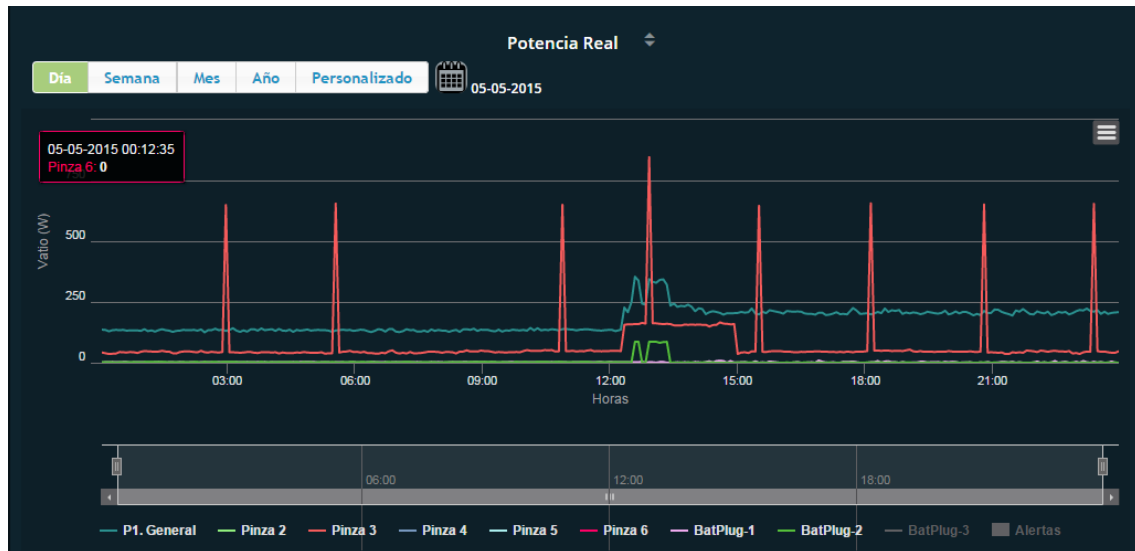


Figura 24. Gráfica de potencia de un día

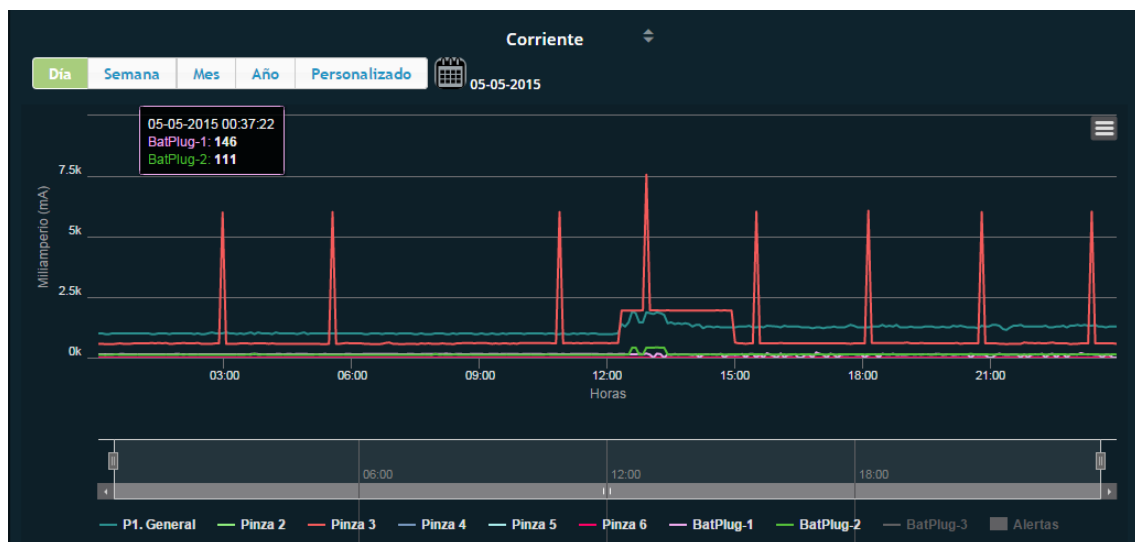


Figura 25. Gráficas de corriente de un día

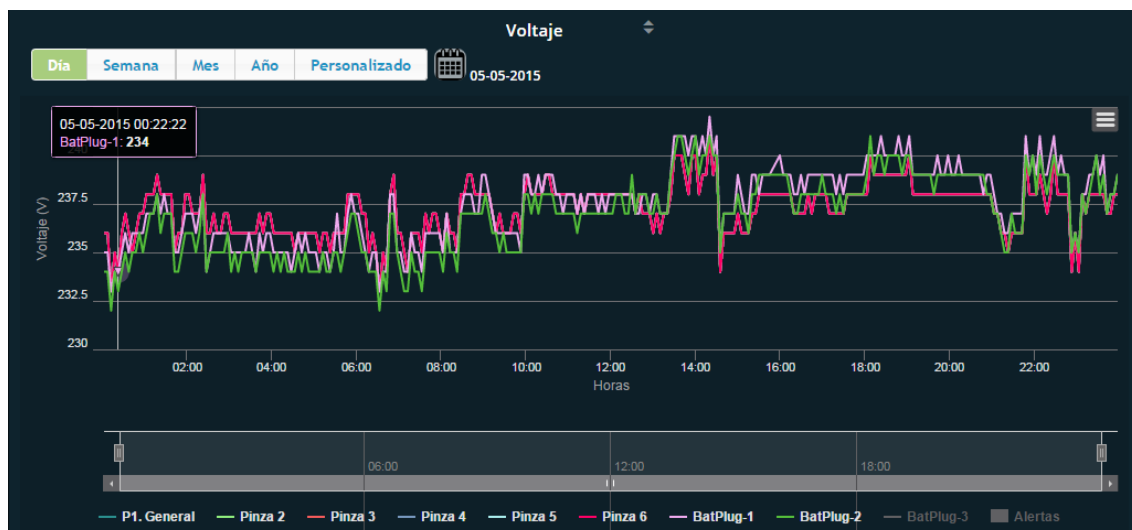


Figura 26. Gráfica de voltaje de un día

Cabe señalar que se incorporó un selector de zoom situado justo debajo de la gráfica con la finalidad de tener una vista ampliada de los datos, si así lo precisa el usuario.

5.1.2.4 Exportación de gráfica

Otro elemento importante que se incorporó a la aplicación web es la exportación de las gráficas. En cualquier momento se puede exportar una gráfica en los formatos: PNG, JPEG, PDF, SVG. Además, existe la posibilidad de imprimir la gráfica.

El botón de exportación está situado en la parte superior derecha de la gráfica, tal y como muestra la figura siguiente.

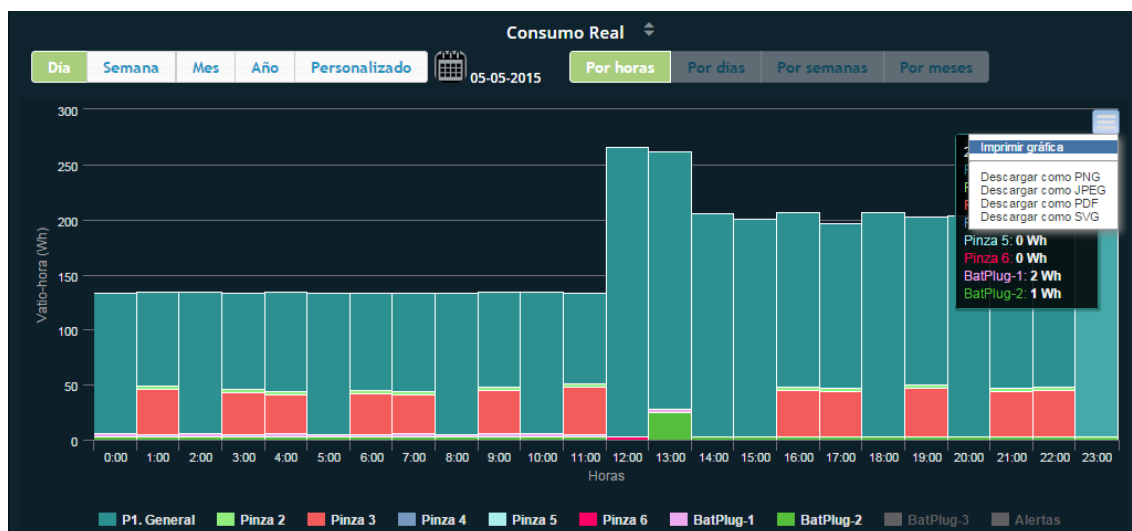


Figura 27. Exportación de gráfica

5.1.2.5 Tabla del consumo total

En la parte inferior de gráfica se ha dispuesto una tabla de consumos totales en la cual se sitúan los consumos totales de las pinzas amperimétricas para el periodo seleccionado. Es decir, si el periodo seleccionado es, por ejemplo, 'mes' en la tabla se mostrará el consumo del mes que se seleccione en el selector de fechas.

Consumo total	P1. General	Pinza 2	Pinza 3	Pinza 4	Pinza 5	Pinza 6	BatPlug-1	BatPlug-2	BatPlug-3
	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 28. Tabla de consumos totales

En la figura siguiente se muestra la tabla de consumo junto con la gráfica y con las opciones seleccionadas en el configurador de gráficas. El periodo seleccionado en este caso es ‘día’. Por tanto, la tabla muestra el consumo total de las pinzas amperimétricas del día 22 de abril del 2015.

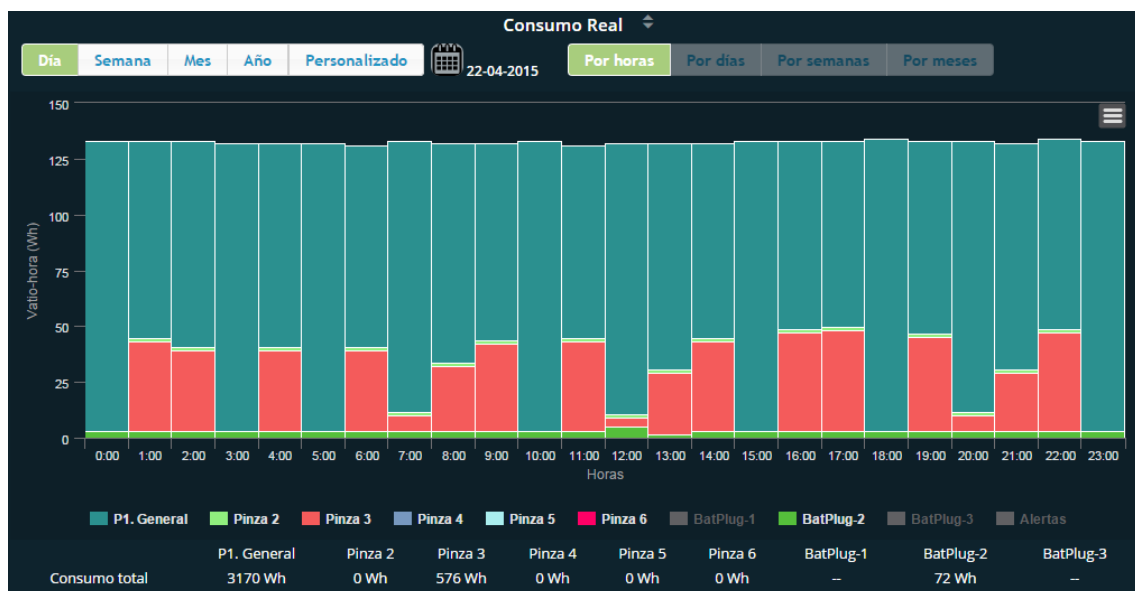


Figura 29. Vista de la tabla de consumos con gráfica y configurador

La tabla es especialmente útil para conocer el consumo total realizado entre dos fechas. Si se utiliza con el periodo ‘personalizado’, se pueden seleccionar dos fechas y conocer el consumo en el periodo de facturación que hace la compañía eléctrica.

5.1.3 Pantalla de configuración de alertas

El sistema implementado permite la creación de *configuraciones de alertas* tal y como se explica en el en Módulo Generador de Alertas (apartado 6.4) Por ello, la aplicación web incluye la posibilidad de su creación para ser posteriormente enviadas al sistema y almacenadas.

En la siguiente figura se muestra la pantalla de configuración de alertas con tres configuraciones diferentes para la generación de alertas:



Figura 30. Pantalla para la configuración de alertas

La primera de ellas se ha configurado para generar una alerta cuando en una hora se alcance o supere el consumo de 5 Wh. Se ha establecido ese valor para mostrar la alerta generada en la gráfica en siguiente apartado. La segunda es una alerta definida para que cuando la potencia alcance/supere los 4,6 kW. Por último, hay una configuración definida para cuando el coste a pagar por la energía alcance/supere los 50 € mensuales.

5.1.3.1 Gráfica con aviso de alerta

Una vez definida la *configuración de alerta* el Módulo Generador de Alertas del sistema se encarga de realizar las comprobaciones pertinentes. Por otra parte, la aplicación web muestra las alertas que el sistema genera situándolas justo encima de las medidas que las produjeron.

La siguiente figura muestra la visualización de una alerta en una gráfica de consumo. Hay que aclarar que la *configuración de alerta* fue creada después de las 11:00 y, la misma, se desactivó después de las 12:00. Por ello solo hay dos alertas en esas horas.

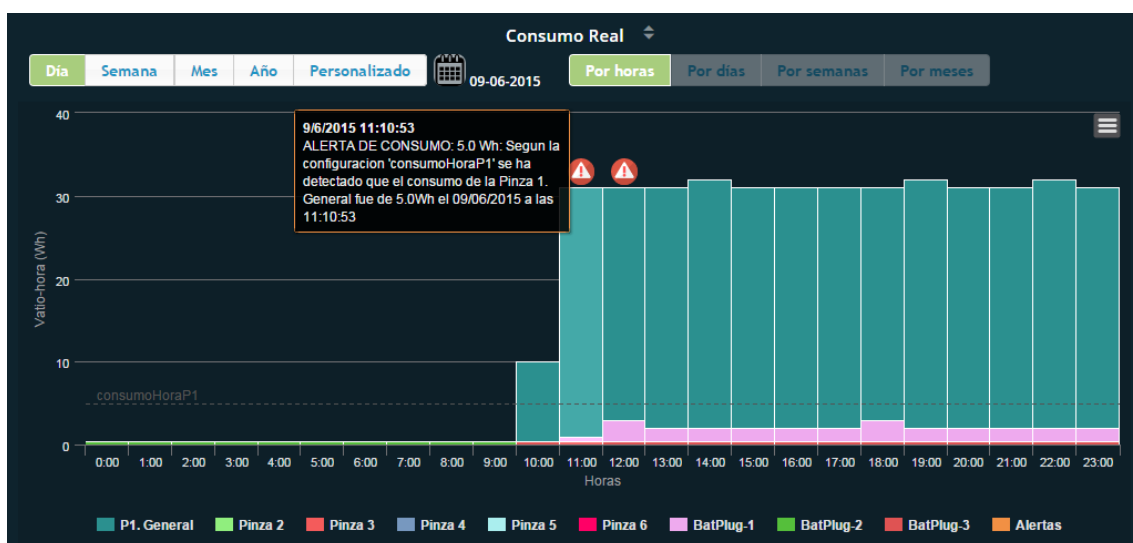


Figura 31. Notificación de alertas en gráfica

Al pasar el ratón sobre el icono de alerta en gráfica se puede observar en un recuadro la información sobre la alerta y sobre el origen de su generación.

5.1.3.2 Aviso de alerta en correo electrónico

Además de que la alerta sea visible en las gráficas, en el mismo instante de ser generada, el sistema procede a enviarla a la dirección de correo electrónico recogida en el formulario web.

A continuación se muestra el mensaje enviado por el sistema al producirse una alerta de consumo.

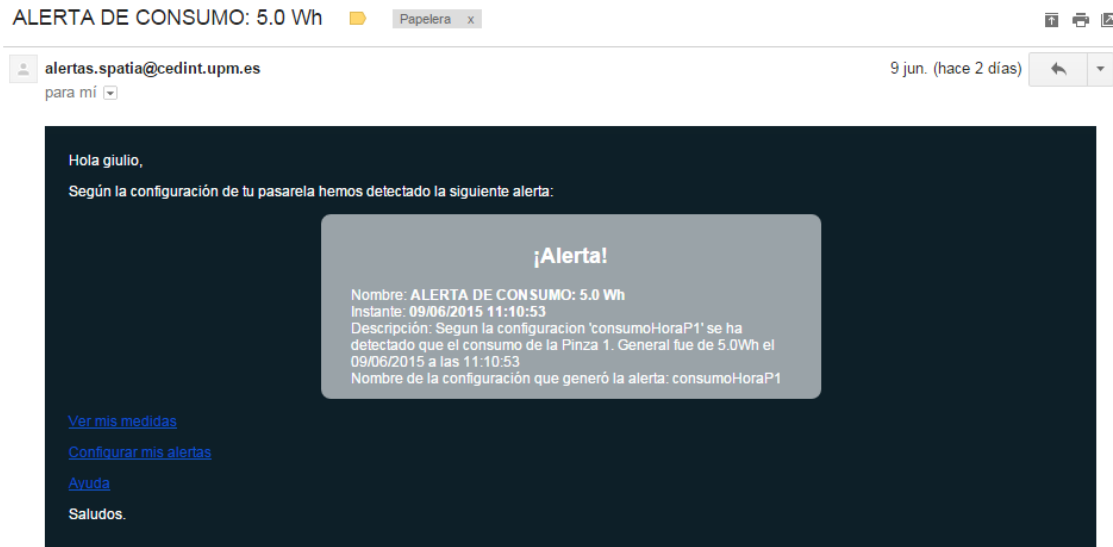


Figura 32. Notificación de alerta en cuenta de correo electrónico

6 Resultados obtenidos

En este apartado se mostrarán los resultados que el sistema desarrollado ha permitido conseguir.

En lo que a precios se refiere ha sido difícil hacer una prueba exhaustiva puesto que requiere de un periodo de seguimiento de al menos dos meses de medidas de consumo en un hogar además de conocer la correspondiente facturación por parte de la compañía eléctrica. Por ello los resultados mostrados en este apartado son los relativos a las medidas y a las alertas.

6.1 Caso 1: Consumo

En este caso se dispone de un BAT-Meter que solamente tiene conectado una sola pinza amperimétrica correspondiente a la línea de la cocina.

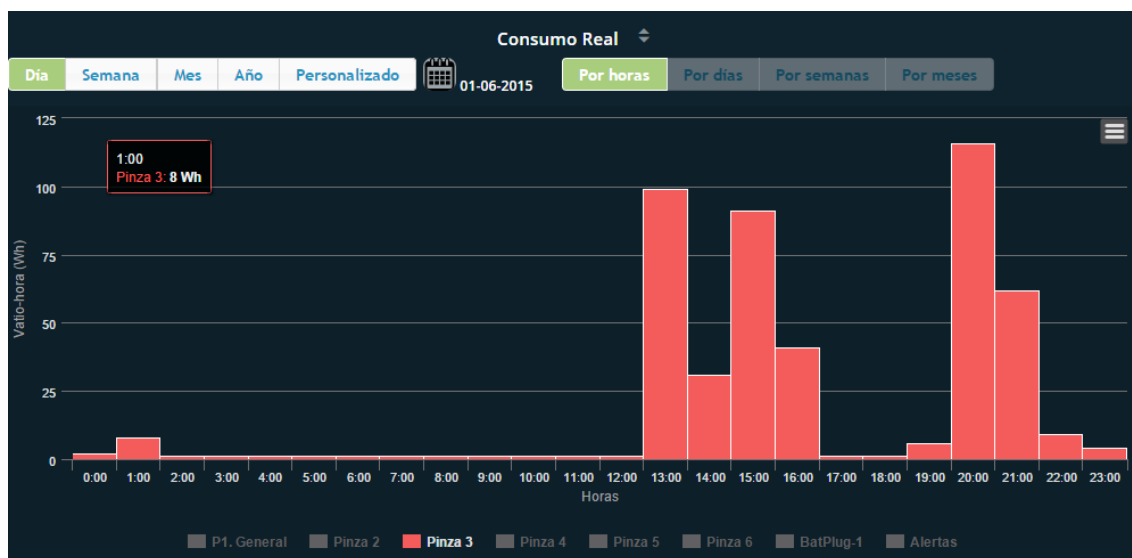


Figura 33. Consumo de la cocina

En la Figura 33 se ve como la mayor parte del consumo, efectivamente, incrementa a las horas de la comida entre las 13:00 - 16:00 y cena 20:00 - 22:00. El día de visualización corresponde al 1 de Junio del 2015.

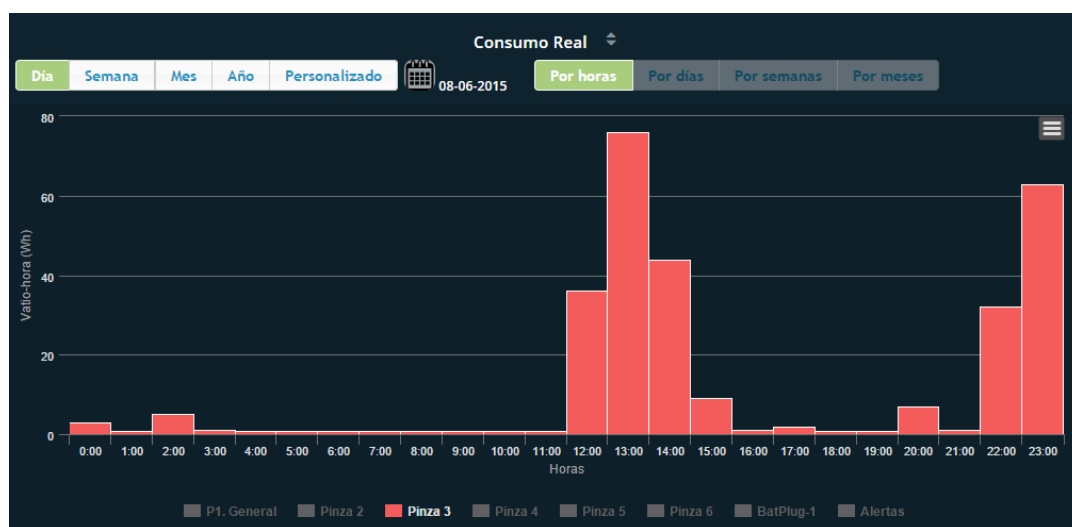


Figura 34. Consumo de la cocina

La Figura 34 corresponde al lunes de la semana siguiente y se puede apreciar un comportamiento similar al lunes anterior.

6.2 Caso 2: Potencia

La siguiente serie de figuras muestra el análisis de la potencia para un BAT-Meter para considerando el análisis una única vivienda. La pinza amperimétrica 1, correspondiente a la línea general, muestra la potencia empleada en varios electrodomésticos del hogar. Existe un lavavajillas programado para que entre en funcionamiento todas las madrugadas y tal como muestra la gráfica se puede apreciar los dos ciclos del funcionamiento del mismo (calentamiento de agua y secado final). Por otro lado, a primera hora de la mañana la potencia se ve incrementada al usar varios como por ejemplo, el secador de pelo, el microondas, la cafetera y los puntos de iluminación.



Figura 35. Análisis de la gráfica de potencia

Otro resultado del análisis que permite realizar la aplicación es el de detectar los ciclos que produce el horno durante su funcionamiento para mantener constante su temperatura, tal y como muestra la Figura 36.



Figura 36. Análisis de la potencia de un horno

Por último, también es posible detectar la potencia empleada por la nevera. Al realizar una apertura de la puerta se puede detectar el incremento de la potencia.



Figura 37. Ciclos de potencia de una nevera

6.3 Caso 3: Alertas

Lo que se pretende en este caso es realizar una prueba donde se contemple el correcto funcionamiento en la generación de alertas por parte del sistema.

Primero, en la pantalla de configuración de alertas se define una especificación con los valores que muestra la Figura 38. Se ha establecido un valor de 5 Wh sobre un dispositivo BAT-Plug. A pesar de ser un consumo bastante bajo lo que se quiere conseguir es la detección de cuándo entra en funcionamiento el aparato eléctrico conectado al dispositivo de monitorización.

La interfaz de configuración de alerta muestra un campo 'Avisame cuando:' con el valor 'deteccionConsumo'. Debajo, hay un control deslizante para 'Alcance un consumo de' con el valor '5' y la unidad 'Wh'. Hay un botón 'Hora' y un icono de guardar.

Figura 38. Configuración de alerta para detectar consumo

Después de la creación de la configuración de alerta se enciende el electrodoméstico a monitorizar en esta prueba que será un ordenador portátil conectado al BAT-Plug. Al cabo de unos minutos en la gráfica de consumo del BAT-Plug se observa el consumo producido por el ordenador y la alerta generada al sobrepasar el valor fijado en la configuración (Figura 39).

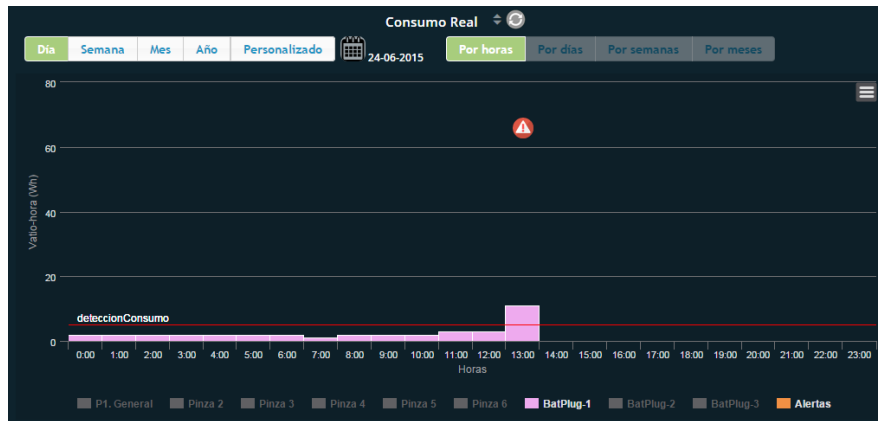


Figura 39. Alerta de consumo generada

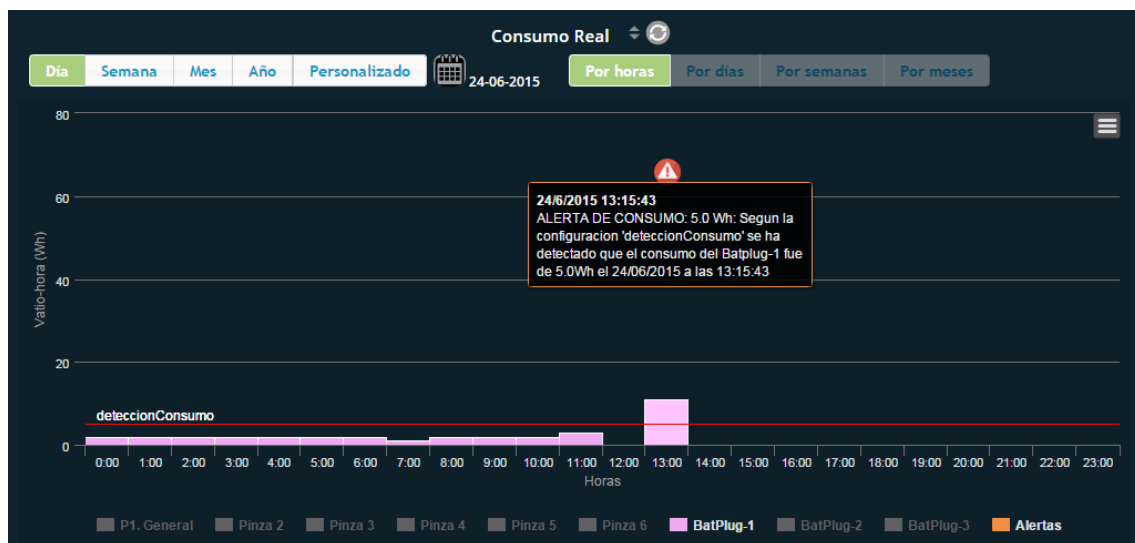


Figura 40. Descripción de la alerta de consumo generada

En la gráfica de la Figura 40 se ve claramente que el consumo antes de conectar el ordenador era constante y oscilaba entre 1 y 3 Wh (correspondiente al ruido).

Como se ha dicho anteriormente cuando una alerta es generada por el sistema ésta es enviada al correo electrónico que el usuario ha introducido en el formulario web de la aplicación web.

La Figura 41 muestra la recepción en la bandeja de entrada el mensaje enviado por el sistema.

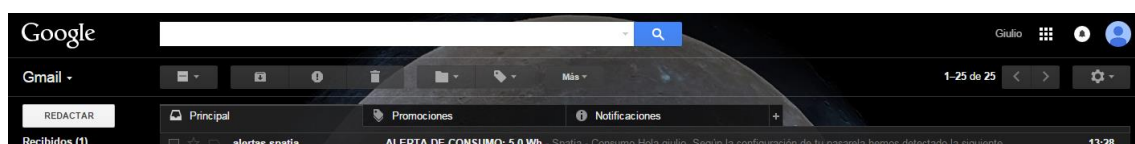


Figura 41. Mensaje de alerta del sistema recibida en correo electrónico

7 TRABAJO FUTURO Y POSIBLES MEJORAS

El sistema y la aplicación web tienen un desarrollo software bastante importante y ejercen una función fundamental en la gestión del consumo eléctrico en los hogares. Se ha intentado dar un paso adelante para ofrecer un mayor control del gasto energético y permitir el ahorro desarrollando el sistema ya explicado en detalle. No obstante, el margen de mejora, tanto para el sistema como para la aplicación web, es alto.

El sistema desarrollado permite el cálculo y comparación del importe final a pagar según la tarifa PVPC y, dentro de esta, se tiene en cuenta la tarifa de acceso: general 2.0A, nocturna 2.0DHA y la 2.0DHS vehículo. Lo más común es tener contratada la tarifa general o nocturna. La modalidad de contratación precio fijo anual no ha sido incluida en este sistema, por ser menos habitual y suponer una complejidad mayor de cara al desarrollo. No obstante, incluirla aportaría un mayor abanico de comparaciones que, sin duda, beneficiaría a la mejora de la contratación del suministro. Para ello habría que obtener el precio por kWh que oferta cada compañía eléctrica en el territorio nacional, además de disponer de información sobre sus condiciones especiales y posibles ofertas. Si la información se guardara en el sistema, éste, podría hacer una evaluación de todos esos datos implementando un algoritmo de decisión sobre la mejor oferta del mercado para el consumo que está realizando. Sería interesante notificar al usuario a través de la aplicación web o por envío de correo electrónico, tal y como se hace con las alertas, la recomendación para el cambio de tarifa indicando la compañía eléctrica y el ahorro económico que produciría tal cambio o por si lo contrario, estando en modalidad de precio fijo anual, es mejor cambiar a la tarifa PVPC.

Un aspecto importante a tener en cuenta para una futura mejora del sistema y aplicación web es el poder dar de alta electrodomésticos en el sistema por medio de la aplicación. De esta forma podrían ser asignados a líneas o pinzas amperimétricas a los cuales se encuentran conectados y se almacenaría en la base de datos información del consumo que produce un conjunto de electrodoméstico dispuestos en el hogar. Por otro lado, esto permitiría notificar al usuario de una posible subida o bajada del consumo o potencia por haber conectado un nuevo electrodoméstico a una línea.

Tener desarrollada una versión ligera de la aplicación web en Android y en iOS permitiría enviar todas las notificaciones que se producen en el sistema al dispositivo móvil. Una notificación, por ejemplo, al móvil del usuario sería mucho más rápido para una actuación por parte del usuario o para que no tenga la necesidad de consultar su correo electrónico constantemente para verificar si el sistema ha producido una alerta.

La visualización de gráficas es muy versátil, pero se podrían añadir más opciones, como la comparación de medidas de un día con otro. Con el sistema actual si se precisa hacer esto bastaría con visualizar la gráfica de un día, posteriormente imprimirla o descargarla y seleccionar otra fecha. Una opción interesante, en cuanto a aplicación web se refiere, sería la de mostrar una segunda gráfica en la parte inferior o junto a la otra. Así, la comparación de dos gráficas en fechas distintas resultaría más cómodo para el usuario.

Para concluir, todos los datos almacenados; ya sean medidas, precios o electrodomésticos almacenados; permitirían hacer un análisis global de todos ellos pudiendo proporcionar una comparativa entre varios usuarios que utilizan el mismo sistema. La gran cantidad de datos almacenados permitiría hacer estadísticas de consumo por zonas geográficas,

predecir consumos en el futuro y en consecuencia alertar sobre grandes desviaciones en el mismo. Esto sería de gran utilidad, por ejemplo, para las eléctricas, para tener mejor caracterizados los consumos por áreas de población y poder optimizar la distribución de electricidad.

8 CONCLUSIONES

Los hogares españoles consumen el 17% de toda la energía final y el 25% de la electricidad. Proporcionar a los usuarios finales de una vivienda información de utilidad sobre su consumo, ayudaría a reducir considerablemente esos porcentajes.

El sistema propuesto en este trabajo fin de grado está dirigido a los usuarios residenciales, a quienes pretende mostrar información de utilidad sobre su consumo y proporcionar una ayuda para mejorar su contratación eléctrica.

Todo el sistema ayuda, como se ha mencionado varias veces a lo largo de esta memoria, en el conocimiento del consumo eléctrico que se produce en una vivienda. Basta con tener solo un dispositivo conectado en el cuadro eléctrico de los hogares y un sistema local que permite el almacenamiento de datos con opción a comunicarse con un servidor global que gobierne sobre varios sistemas locales.

Minimizar la demanda del consumo eléctrico ajustado a las necesidades de cada hogar implicaría que la demanda de producción de energía descendiera. Esto aportaría eficiencia energética y ayudaría a la sostenibilidad medioambiental.

Por otro lado, con la nueva tarifa PVPC se pretende que el consumidor medio pague sólo por el consumo que realiza por hora. No obstante, con el PVPC no se ha llegado a obtener un ahorro significativo puesto que los costes más altos en la factura eléctrica suelen ser los términos fijados por el Gobierno. El sistema desarrollado facilita el análisis del consumo efectuado por los propietarios de las viviendas y propicia la reducción del consumo al tomar conciencia de lo que se consume en tiempo real. Por otro lado, también se puede consultar un histórico de medidas lo cual permite al consumidor eléctrico tomar decisiones a medio y largo plazo.

Además, actualmente cuando una compañía eléctrica realiza una facturación del consumo, esta facturación no tiene forma de ser contrastada con alguna otra fuente. Por ello, el sistema implementado permite también contrastar la información recogida con lo que las compañías eléctricas facturan habitualmente. Tener una segunda medición ayudará en la detección de errores en la facturación realizada por parte de la compañía eléctrica.

Para concluir, mencionar que la continua evolución exponencial de la tecnología permitirá avances cada vez más sorprendentes. Gracias a la informática y las tecnologías existentes han permitido el desarrollo de este proyecto.

9 ANEXOS

9.1 ANEXO A: BAT-METER MONOFÁSICO

Medidor monofásico para conexión en cuadro eléctrico, con medida de consumo desagregado (kWh y potencia) hasta en seis líneas con salida 6LowPAN (sobre IPv6).

El BatMeter es el monitor de electricidad (medidor de corriente, tensión y potencia) que permite obtener información en tiempo real del consumo eléctrico de cualquiera de los PIA's que desee.

Incluye seis transformadores o sondas de corriente (SCT).

Características:

- Hasta 64 muestras/ciclo
- Envío de datos programable
- Consumo mínimo
- Sin necesidad de baterías y mantenimiento
- Hasta 6 líneas monofásicas
- Alcance antena 20-30 metros en interior
- Ocupa de ancho dos posiciones en el carril DIN del cuadro eléctrico



Figura 42. BAT-Meter

Datos generales	Nombre técnico	BMT
	Versión	01
	Revisión	Marzo 2013
Funcionalidades	Monitorización (6 líneas)	Corriente (mA)
		Voltaje (V)
		Potencia (W)
		Potencia Aparente (VA)
		Energía (Wh)
		Energía Aparente (VAh)
Corriente (Irms)	Sensor	Jiangyn Spark XH-SCT-T10/X(A)
	Resolución	1‰
	Rango	5A, 10A, 15A, 20A, 25A, 30A, 40A, 50A, 100A
	Intervalo de medición	250 ms
Voltaje (vrms)	Sensor	YHDC TV16 / Divisor de tensión
	Resolución	1 V
	Rango	100-250V
	Intervalo de medición	250 ms
Precisión	Tensión	±1%
	Corriente	±2%
	Potencia	±3%

Alimentación	Tensión	100-250VAC
	Consumo de potencia	<2W
Comunicaciones	Medio físico	Radio (IEEE 802.25.4)
	Frecuencia	2.4 GHz
	Protocolo	6LoWPAN
	Antena	U.FL
Otros datos de interés	Microcontrolador	Atmega128RFA1
	Memoria	SRAM 16k
		EEPROM 4k
		FLASH 128k
	Interfaz de programación	ISP/Serie
Dimensiones	Ancho	32mm
	Largo	86mm
	Alto	18mm



9.2 ANEXO B: BAT-PLUG

Se trata de un enchufe inteligente con medidor de consumo y actuador sobre cargas.

Se puede conectar en cualquier punto de la casa donde crea que es necesario una medida de corriente y un control ON/OFF del servicio conectado.

El módulo inalámbrico se alimenta de la red eléctrica.

Conexión 6LoWPAN.



Mide:

- Corriente y Voltaje
- Potencia
- Potencia Aparente
- Energía
- Energía Aparente consumida



Figura 43. BAT-Plug

Datos generales	Nombre técnico	BPG
	Versión	01
	Revisión	Diciembre 2014
Funcionalidades	Monitorización	Corriente (mA)
		Voltaje (V)
	Actuación	On/Off
Corriente (Irms)	Sensor	Sensor Hall
	Resolución	1‰
	Rango	0 a 15 A
	Intervalo de medición	250 ms
Voltaje (Vrms)	Sensor	Divisor de tensión
	Resolución	1V
	Rango	85-265V
	Intervalo de medición	250 ms
Precisión	Tensión	±1%
	Corriente	±2%
	Potencia	±3%
Alimentación	Tensión	100-250VAC
	Consumo de potencia	<1W
Comunicaciones	Medio físico	Radio (IEEE 802.15.4)
	Frecuencia	2.4 GHz / 868 MHz
	Protocolo	6LoWPAN
	Antena	SMD/Helicoidal
Otros datos de interés	Microcontrolador	Atmega256RFR2
	Memoria	SRAM 16k EEPROM 4k FLASH 128k
		Serie (6 pins)
Dimensiones	Ancho	55mm
	Largo	45mm

	Alto	85mm
 		

9.3 ANEXO C: BAT-LINK

Se trata de un miniordenador con funcionalidades básicas:

- Mantiene la comunicación con el BatMeter y BatPlug.
- Gestión de red: ordenar el cifrado de las comunicaciones con los dispositivos Bat.
- Detectar cuando un dispositivo no responde correctamente.
- Almacena temporalmente las medidas que recibe y las envía periódicamente a un servidor central IPv6 con conexión a Ethernet (por RJ45)



Datos generales	Nombre técnico	BLK
	Versión	02
	Revisión	Noviembre 2014
Componentes	Interfaz 802.25.4	BatMote
	Interfaz Ethernet	Beagle Bone Black
Propiedades Beagle Bone Black C	Procesador	AM3358BZCZ100, 1GHZ
	DRAM	512 MB DDR3L
	FLASH	4 GB eMMC, uSD
Comunicaciones 802.25.4	Frecuencia	2.4 GHz
	Velocidad de transmisión	250 kbps – 2 Mbps
	Sensibilidad de recepción	-100 dBm
	Potencia de emisión	Hasta 3.5 dBm
	Antena	SMA externa
Alimentación	Fuente externa de alimentación	Soporte de 5V y 2A
	Interfaz alimentación	miniUSB, USB o DC / 5VDC
Otros datos de interés	Interfaz BatMote – Beagle Bone	Puerto serie (GND, +5V, TX, RX, RST)
	Ethernet	10/100 RJ45
	Comunicación	Border router
Dimensiones	Ancho	61 mm
	Largo	92 mm
	Alto	29 mm



10 BIBLIOGRAFÍA

- [1] BOE, «Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.,» 2014.
- [2] BOE, «Real Decreto 1718/2012, de 28 de diciembre, por el que se determina el procedimiento para realizar la lectura y facturación de los suministros de energía en baja tensión con potencia contratada no superior a 15 kW.,».
- [3] BOE, «Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.,» 2001.
- [4] BOE, «Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.,» 2007.
- [5] BOE, «Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008.,» 2007.
- [6] BOE, «Orden ITC/1659/2009, de 22 de junio, por la que se establece el mecanismo de traspaso de clientes del mercado a tarifa al suministro de último recurso de energía eléctrica y el procedimiento de cálculo y estructura de las tarifas de último recurso de ener.,» 2009.
- [7] BOE, «Orden IET/107/2014, de 31 de enero, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2014.,» 2014.

Este documento esta firmado por



Firmante	CN=tfgm.fi.upm.es, OU=CCFI, O=Facultad de Informatica - UPM, C=ES
Fecha/Hora	Thu Jun 25 17:10:42 CEST 2015
Emisor del Certificado	EMAILADDRESS=camanager@fi.upm.es, CN=CA Facultad de Informatica, O=Facultad de Informatica - UPM, C=ES
Numero de Serie	630
Metodo	urn:adobe.com:Adobe.PPKLite:adbe.pkcs7.sha1 (Adobe Signature)